

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э.А. Петровский

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических
объектов нефтегазового производства»

Разработка конструкции вертлюга повышенной долговечности

Руководитель

подпись, дата

К. Т. Н., доцент
должность, ученая степень

А.К. Данилов
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В. И. Третьяков
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

В. В. Бухтояров
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э. А. Петровский
«____» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Красноярск 2017

Студенту Третьякову Виталию Игоревичу

Группа ГБ 13-04

Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело

Профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства»

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка конструкции вертлюга повышенной долговечности»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Данилов А. К. доцент кафедры ТМОиОНГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: материалы, справочная, научная, методическая литература, ресурсы интернет

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы
1 Изучение выходов из строя уплотнительных устройств; 1.2 Обзор конструкции поворотных устройств; 1.3 Системы уплотнений поворотных механизмов; 1.4 Материалы и применяемые в уплотнениях; 1.5 выводы; 2 теоретические исследования; 2.1 Изучение пары трения на основе применения серпентинитов с целью увеличения надежности узлов трения; 2.2 разработка стенда для образования пары трения с применением серпентинитов; 2.3 выводы; 3 разработка конструкции вертлюга; 3.1 расчет конструкции; 3.2 проектирование; 3.3 выводы; 4 разработка рекомендаций для проектирования узлов уплотнений с использованием серпентинита;

Заключение. Выводы по результатам выполненной работы.

Перечень графического и иллюстративного материала: Сборочный чертеж Вертлюг УВ-250 модернизированный (1 лист формата А1), чертёж поворотного устройства (1 лист формата А1), чертеж корпуса поворотного устройства (1 лист формата А3), втулка сборочный чертеж (1 лист формата А3), корпус втулки чертеж (1 лист формата А3), втулка чертеж (1 лист формата А3), презентация (12–16 страниц).

Руководитель ВКР _____ А.К. Данилов

Задание принял к исполнению _____ В.И. Третьяков

«___» _____ 2017 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 78 страниц, 32 рисунков, 3 таблиц, 22 слайдов, 15 источников.

Объектом модернизации является вертлюг буровой установки.

Цель работы: создание поворотного устройства с использованием лабиринтного уплотнения для повышения долговечностных свойств вертлюга.

В работе приведены: общие сведения о вертлюгах, их назначение и конструкция, рекомендации по эксплуатации, патентный обзор, изучение пары трения на основе применения серпентинитов с целью увеличения надежности узлов трения, разработка новой конструкции вертлюга, расчеты.

Для выполнения выпускной квалификационной работы использовался текстовый редактор Microsoft office Word. Презентация подготовлена с помощью Microsoft Power Point.

Содержание

Введение.....	6
1 Общие сведения.....	8
1.1 Назначение и конструкции вертлюгов.....	8
1.2 Вертлюг в составе буровой установки.....	13
1.3 Эксплуатация и техническое обслуживание	14
1.4 Надежность	16
1.5 Уплотнительные устройства	19
1.5.1 Форма	19
1.5. 2 Влияние условий окружающей среды	21
1. 5. 3 Материалы	23
1.6 Патентно-информационный обзор	28
1. 7 Выводы	48
2 Теоретические исследования	49
2. 1 Серпентинит и его состав.....	49
2.2 Изучение пары трения на основе применения серпентинитов с целью увеличения надежности узлов трения.....	50
2.3 Технология изготовления серпентинитосодержащего раствора	52
2.4 Разработка стенда для образования пары трения с применением серпентинитов.....	53
2.5 Выводы	54
3 Проектирование и расчет конструкции	55
3.1 Разработка конструкции вертлюга	55
3.2 Расчеты	63
3.2.1 Расчет ствола вертлюга УВ-250.....	63
3.2.2 Расчет штропа вертлюга УВ-250.....	69
3.3 Выводы	75
Заключение	76
Список использованных источников	77

Введение

Актуальность темы. Добыча нефти и газа которые являются основой экономики нашей страны, требует огромного объема буровых работ. Поэтому все мероприятия, направленные на совершенствование бурового оборудования и инструмента, являются весьма актуальными.

Вертлюг является неотъемлемой частью бурового оборудования и предназначен для подвода бурового раствора во вращающуюся буровую колонну. Во время бурения вертлюг подвешивается на крюк талевой системы и с помощью бурового рукава соединяется через стояк к буровым насосам. Также ведущая труба бурильной колонны соединяется с помощью переводника со стволом вертлюга, который имеет отверстие для прохода бурового раствора.

В процессе бурения вертлюг испытывает статические осевые нагрузки от действия веса бурильной колонны и динамические нагрузки, создаваемые продольными колебаниями долота и пульсацией промывочной жидкости. Те детали, которые имеют непосредственный контакт с буровым раствором, подвержены абразивному износу. В результате трения, трущиеся детали нагреваются и их износостойкость снижается

Напорный верхний уплотнительный узел во время бурения эксплуатируется в достаточно жестких условиях, к примеру контакт с абразивной средой бурового раствора, из-за этого срок его службы составляет 50 – 100 часов, что во много раз меньше, чем остальных деталей вертлюга, поэтому он выполняется быстросменным.

Для увеличения работоспособности данного узла применяют увеличение количества манжет, различные их формы и конструкции, а также применяемые материалы.

В этой связи разработка конструкции вертлюга, в котором верхний уплотнительный узел не нужно будет заменять так часто, является весьма актуальной.

Целью работы является создание поворотного устройства с использованием лабиринтного уплотнения для повышения долговечностных свойств вертлюга.

В соответствии с названной целью в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть конструкции уплотнений и материалы их изготовления.
2. Изучение пары трения на основе применения серпентинитов с целью увеличения надежности узлов трения.
3. Разработка стенда для образования пары трения с применением серпентинитов.
4. Разработка конструкции вертлюга повышенной долговечности.

1 Общие сведения

1.1 Назначение и конструкции вертлюгов

Вертлюг предназначен для поддержания на весу и перемещения свободно вращающейся бурильной колонны и подачи в нее под давлением буровой и другой технологической жидкости через буровой рукав от неподвижного стояка.

Вертлюг состоит из корпуса с подвеской, которая воспринимает нагрузки от веса бурильной колонны и передает их на крюк талевой системы. В корпусе вертлюга устанавливается опора, обеспечивающая свободное вращение ствола вертлюга с подвешенной бурильной колонной, а также верхнее напорное уплотнительное устройство высокого давления, обеспечивающее ввод бурового раствора во вращающуюся бурильную колонну.

Вертлюги в России и зарубежом разделяют по допустимой нагрузке на ствол и глубине бурения. Для всего диапазона статистических нагрузок и глубин бурения, в соответствии с ГОСТ 17293-71, обычно используют 8 классов вертлюгов по следующему ряду нагрузок: 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 3,2; 4,0; 6,3; 8,0 МН для глубин бурения 600...12 500 м.

Уменьшение числа классов вертлюгов в ряду, по сравнению с числом классов буровых установок, объясняется тем, что в процессе бурения вертлюг можно легко сменить и зачастую при бурении глубоких скважин применяются вертлюги двух или трех классов. В начале цикла бурения применяют вертлюг, рассчитанный на небольшую нагрузку, а по достижении определенной глубины скважины, когда вес бурильной колонны повышается, используют вертлюг, рассчитанный на более высокую нагрузку.

Конструкции вертлюгов должны удовлетворять следующим требованиям:

- нагруженные детали должны иметь прочность, исключаящую возможность разрушения или пластических деформаций при действии максимальной нагрузки;

- вертлюг должен безотказно работать в процессе бурения скважины;
- уплотнения зазоров между вращающимся стволом и неподвижным подводом должны исключить протечку бурового раствора;

- должна быть обеспечена герметичность зазоров между корпусом и вращающимся стволом вертлюга с целью предотвращения утечек масла из корпуса и загрязнения его в процессе работы, транспортировок и хранения.

Основные эксплуатационные параметры вертлюгов: допускаемая статистическая нагрузка; динамическая нагрузка при частоте вращения ствола 100 об/ мин; максимальное число оборотов; максимальное давление в стволе.

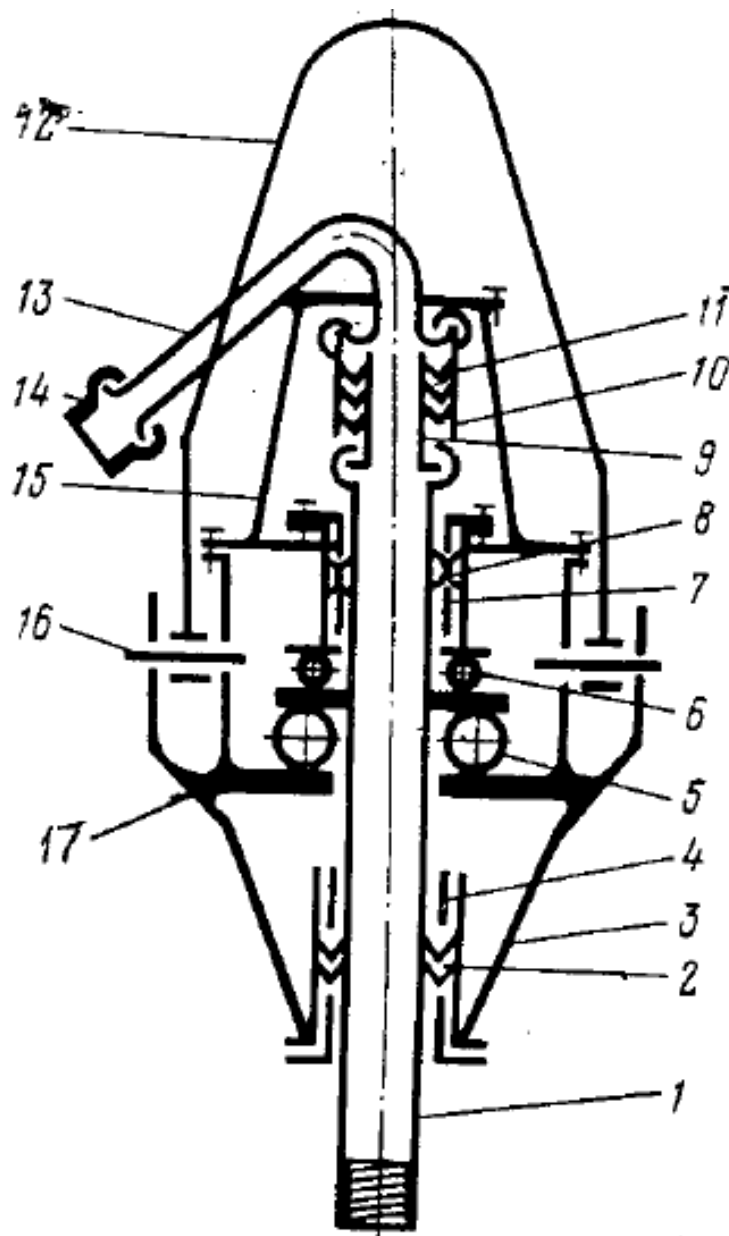
В настоящее время российские предприятия производят вертлюги следующих типов:

- вертлюги производства ОАО «Уралмаш НГО Холдинг»: УВ-250МА, УВ-320МА, УВ-450МА;

- вертлюги производства ООО «Волгоградский завод буровой техники»: М 10.56.00.000 (125 кН); Б1.56.00.000 (200 кН), ВВ-250.

Вертлюги производства ОАО «Уралмаш НГО Холдинг» имеют специальную аббревиатуру: буква У указывает на изготовителя ОАО «Уралмаш НГО Холдинг», вторая буква В обозначает вертлюг, цифры – допускаемую статистическую нагрузку в тоннах, М – модернизированный, А – повышенного качества изготовления. ООО «ВЗБТ» специальную аббревиатуру применили только для вертлюга ВВ-250, в которой первая буква В указывает на изготовителя ООО «ВЗБТ». На остальные вертлюги вместо аббревиатур они приводят шифр сборочного чертежа.

Существует много конструкций вертлюгов, отличающихся формой и расположением опор, формой корпуса и т. д. Принципиальная схема наиболее распространенного вертлюга для глубокого бурения скважин представлена на рисунке 1.



1 - ствол полый; 2,8 – сальники (манжетный и самоуплотняющийся);
 3,15 - крышки корпуса (верхняя и нижняя); 4,7 – подшипники радиальные
 (верхний и нижний); 5,6 – подшипники упорные (главный и
 вспомогательный); 9 – напорная труба; 10 – уплотнение быстросменное
 (корпус напорного сальника); 11 - сальник напорный; 12 - штроп; 13- отвод;
 14 -рукав буровой; 15- ось; 16 – корпус;

Рисунок 1 – Принципиальная схема вертлюга

Основная деталь, которая воспринимает вес бурильной колонны — это ствол под номером 1. Он установлен в корпусе 17 на опорных 5 и 6 подшипниках качения обычно конических и радиальных 4 и 7, имеет фланец, который передает вес колонны через главный опорный подшипник на корпус. Вертлюг подвешивается за штроп 12 на крюк. Опоры ствола фиксируют его положение в корпусе, препятствуют его перемещениям в радиальном и осевом направлении и обеспечивают устойчивое положение и легкость вращения.

Вес части корпуса вертлюга с буровым рукавом, осевые толчки и удары колонны снизу-вверх воспринимаются вспомогательной опорой 6. Ствол вертлюга – ведомый элемент системы. В большинстве случаев бурение ведется в нормальном направлении, то есть по часовой стрелке, поэтому ствол и все детали, связанные с ним, во избежание самоотвинчивания имеют левые резьбы.

Штроп крепится к корпусу на осях, смонтированных в приливах корпуса, которые имеют форму карманов и ограничивают угол поворота штропа до 40° для установки его в положение, подходящее для захвата крюком, когда вертлюг с ведущей трубой находятся в шурфе.

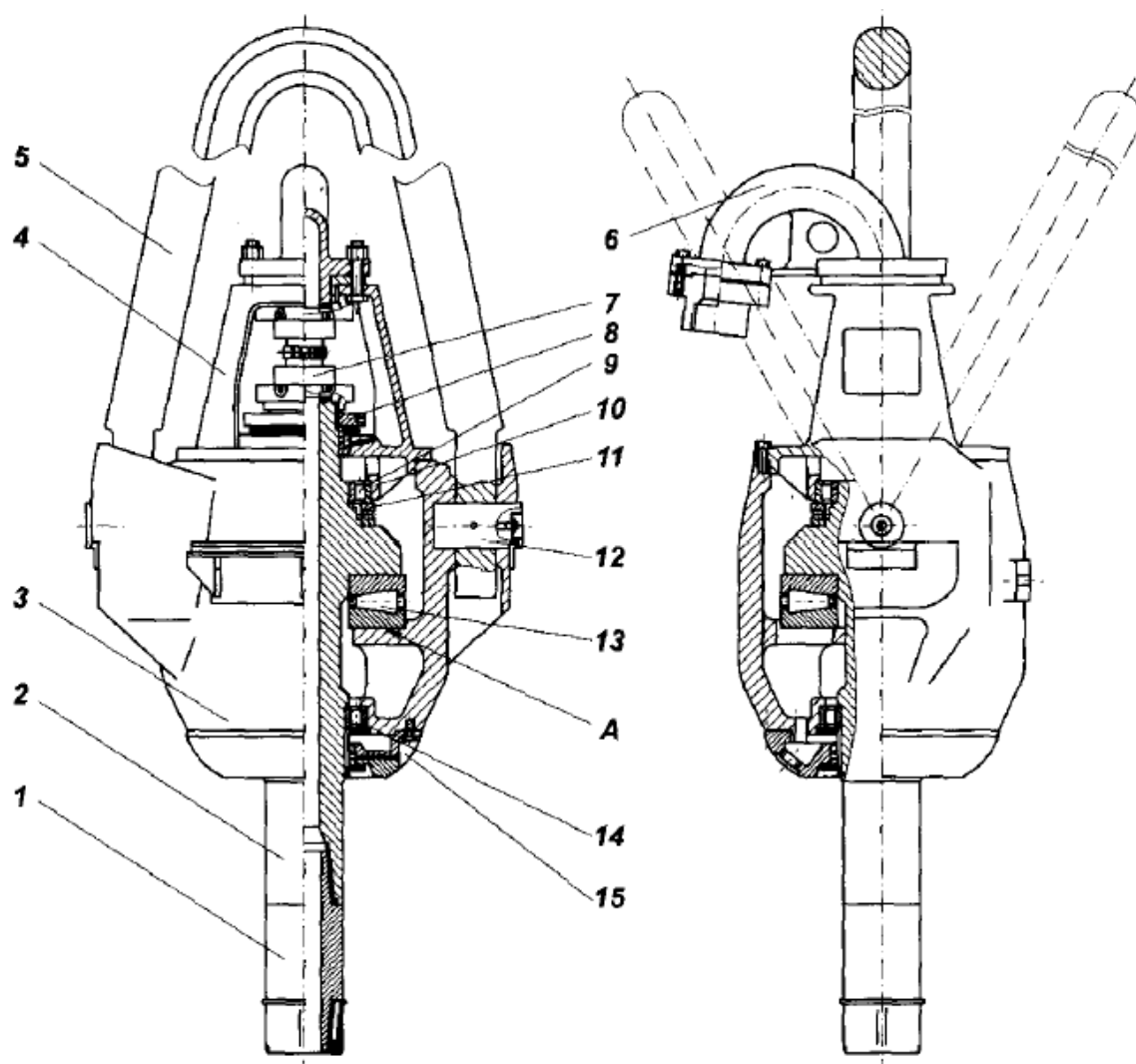
Напорный верхний уплотнительный узел во время бурения эксплуатируется в тяжелых условиях, к примеру контакт с абразивной средой бурового раствора, из-за этого срок его службы 50 – 100 часов, что во много раз меньше, чем остальных деталей вертлюга, поэтому он выполняется быстросменным.

В вертлюге есть элементы для контроля уровня масла, то есть для его заливки или спуска, также если пары внутри корпуса, образующиеся при нагреве, превышают допустимое давление предусмотрен сапун для уравнивания его с атмосферным давлением. Это устройство не дает маслу вытечь в горизонтальном направлении при транспортировке.

Каждый вертлюг имеет стандартную левую коническую замковую резьбу для присоединения к ведущей трубе. Корпус вертлюга сделан обтекаемой формы для того, чтобы он не цеплялся за составные детали вышки

при перемещениях. Вертлюги можно транспортировать с помощью любых транспортных средств без использования упаковки. [9]

Сборочный чертеж вертлюга УВ-250МА производства ОАО «Уралмаш НГО Холдинг» приведен на рисунке 2.

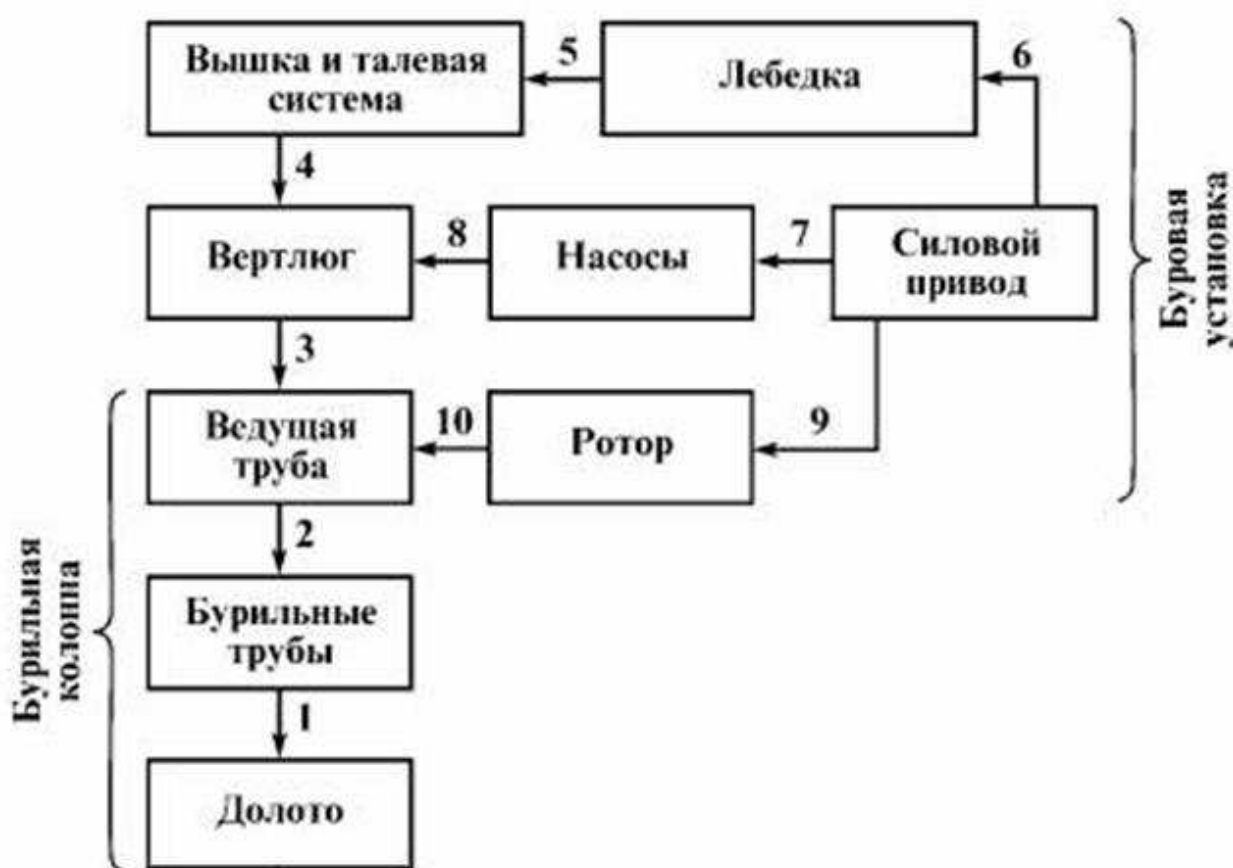


1- переводник с левой резьбой; 2 – ствол; 3- корпус; 4- верхняя крышка;
5- штроп; 6- отвод; 7- гайка быстросъемного уплотнения; 8- манжетное
уплотнение; 9, 14 – радиальные подшипники; 10 – стакан; 11 –
вспомогательный упорный подшипник; 12 – пальцы; 13 – основной упорный
подшипник; 15 – нижняя крышка.

Рисунок 2 – Вертлюг УВ-250МА

1.2 Вертлюг в составе буровой установки

На рисунке 3 приведена структурная схема буровой установки для бурения скважин. Подаваемая для очистки забоя промывочная жидкость совершает непрерывный кругооборот: буровой насос - нагнетательная линия - вертлюг - бурильная колонна - забойный двигатель - долото - забой - кольцевое пространство между бурильной колонной и стенками скважины-желоба и устройства для очистки промывочной жидкости - приемная емкость для очищенного раствора - подпорный насос - всасывающая линия бурового насоса.



1 - переводник и центратор; 2 и 3 – переводники ведущей трубы и вертлюга; 4 - крюк; 5 - ведущая струна каната; 6, 7 и 9 - трансмиссии лебедки, насосов и ротора; 8 – трубопровод высокого давления; 10 – зажимы ротора.

Рисунок 3 – Структурная схема буровой установки

1. 3 Эксплуатация и техническое обслуживание

Перед началом эксплуатации вертлюга необходимо выполнить следующее:

- а) проверить затяжку всех болтовых соединений, при необходимости болты и гайки докрепить и снова законтрить проволокой;
- б) проверить надежность затяжки резьбовых соединений быстросъемного уплотнения, при докреплении соблюдать ту же последовательность операций, что и при установке узла уплотнения;
- в) проверить состояние замковой резьбы переводника путем наружного осмотра, в случае обнаружения забоев резьбы или трещин заменить вертлюг;
- г) закрепить переводник на стволе при помощи машинных ключей;
- д) в масляную ванну залить масло в соответствии с указаниями ГОСТа, проверить надежность затяжки пробки, отвернуть ее, залить масло до тех пор, пока уровень не поднимется до краев отверстия, затем снова завернуть пробку;
- е) проверить состояние уплотнения масляной ванны, если имеется утечка масла из ванны, необходимо сменить севанитовое уплотнение.

Вертлюг является одним из ответственных узлов вращательной группы оборудования, надлежащее техническое обслуживание вертлюга является обязательным условием его высоких эксплуатационных показателей.

Перед началом эксплуатации вертлюга, нового или полученного с капитального ремонта, необходимо убедиться в том, что ствол с вертлюга плавно проворачивается от усилия не более 30 кгм. Главное, без заеданий вращение ствола является залогом продолжительного срока службы основной и вспомогательных опор вертлюга. Вертлюг, у которого ствол проворачивается при значительных усилиях и с заеданием должен быть заменен.

Неправильно отрегулированный осевой лифт ствола вертлюга может стать причиной преждевременного выхода из строя основного и вспомогательного упорных подшипников. Для того, чтобы правильно отрегулировать лифт необходимо при нижнем положении ствола (вертлюг в подвешенном состоянии) замерить зазор

между торцами корпуса вертлюга и крышки. Затем под крышку устанавливается набор прокладок суммарной толщиной равной $+0,5$ мм;

- замерный зазор между торцами крышки и корпуса в миллиметрах.

При установке быстросъемного уплотнения необходимо обеспечить соосность его основных деталей.

Нельзя допускать течи через уплотняемые зоны, при обнаружении течи необходимо заменить манжеты или весь узел. При замене манжета необходимо проверить состояние трубы, если будет обнаружен значительный износ рабочей поверхности или промыв трубы - ее надо заменить.

Своевременная смазка подшипников и шарнирных соединений - важнейшая часть ухода за вертлюгом. Полная утечка масла из ванны корпуса может привести к выходу из строя основного упорного подшипника. Персонал должен тщательно следить за тем, чтобы не было чрезмерного повышения температуры подшипников. При температуре выше 70°C масло теряет свои смазочные свойства. [10]

1.4 Надежность

Ствол вращается с частотой бурового ротора и испытывает нагрузки, создаваемые бурильной колонной и промывочной жидкостью, нагнетаемой в скважину. По сравнению с другими несущими узлами и деталями ствол вертлюга наиболее нагружен. Это предъявляет повышенные требования к его прочности. Стволы вертлюгов изготавливают из фасонных поковок, получаемых методом свободнойковки.

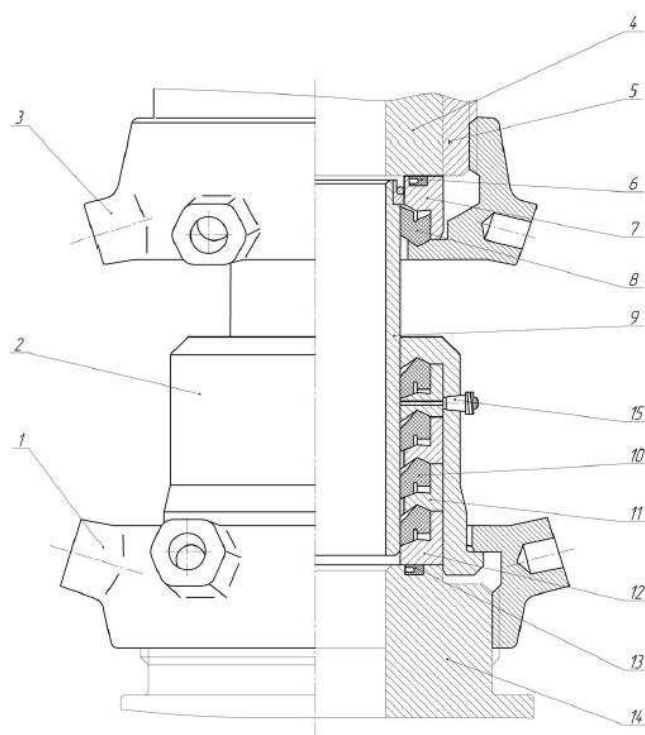
Для стволов используют стали марок 40Х, 40ХН, 38ХГН, приобретающие в результатековки более совершенную кристаллическую структуру и повышенные механические свойства.

В рассматриваемой конструкции вертлюга в основной опоре ствола установлен упорный подшипник с короткими цилиндрическими роликами. Благодаря укороченной длине снижается скольжение роликов относительно колец при вращении ствола. Это благоприятно влияет на износ и нагрев подшипников. Подшипники с коническими и сферическими роликами обладают большей нагрузочной способностью по сравнению с подшипниками, имеющими короткие цилиндрические ролики. Поэтому в тяжело нагруженных вертлюгах преимущественно применяются упорные подшипники с коническими либо сферическими роликами. Для повышения долговечности в модернизированных вертлюгах Уралмашзавода (УВ-250 МА) используются конические упорные подшипники.

Свободно плавающая напорная труба позволяет обеспечить быструю замену уплотнений и самой трубы, изнашиваемых абразивными частицами, содержащимися в промывочной жидкости. Для этого необходимо отвернуть накидные гайки 1, 3 и, вытащив весь узел, заменить его новым либо заблаговременно отремонтированным.

Работоспособность вертлюга зависит от надежности уплотнений, применяемых в его подвижных и неподвижных соединениях. Наиболее ответственными являются уплотнения напорной трубы, которые служат для

предотвращения утечки промывочной жидкости, нагнетаемой под высоким давлением. Для этой цели используются самоуплотняющиеся радиальные 8, 10 и торцовые 6, 13 манжеты из синтетических материалов, обладающих достаточной упругостью и износостойкостью. Воротники манжет направлены навстречу действующему давлению и поэтому прижимаются к уплотняемым поверхностям с силой, пропорциональной давлению промывочной жидкости. Стакан вращается вместе со стволом, и радиальные манжеты скользят относительно напорной трубы, удерживаемой силой трения в верхней манжете 8.



1, 3 – гайки накидные; 2 – стакан; 4 – отвод; 5 – втулка; 6, 8, 10, 13 – уплотнения манжетные; 7 – втулка кольцевая; 9 – труба напорная; 11, 12 – кольца металлические; 14 – ствол; 15 – пресс-масленка

Рисунок 4 – Быстросъемное уплотнение

Скольжение вызывает износ контактируемых поверхностей, ускоренный абразивным воздействием промывочного раствора. Поэтому нижнее уплотнение напорной трубы в отличие от неподвижного верхнего имеет многорядную конструкцию, благодаря которой повышаются его

надежность и долговечность. Стакан снабжен винтовой масленкой для периодической смазки манжет с целью уменьшения износа и нагрева уплотнения в результате трения.

Манжета 10, расположенная над смазочным отверстием в стакане, предотвращает утечку масла при шприцовке и предохраняет его от внешнего загрязнения. Торцовая манжета 13 вращается вместе со стволом вертлюга и кольцом 12 и остается неподвижной относительно стыкуемых поверхностей. Неточности, допущенные при изготовлении и сборке, компенсируются свободно плавающим положением напорной трубы. Напорные трубы изготавливаются из низколегированных сталей марок 12ХН2А, 20ХН3А и др. Наружная поверхность напорных труб шлифуется и имеет твердость НКС 56-62.

Для уменьшения трения в местах сопряжения со втулкой манжеты смазываются пластичным маслом через масленку 7. При заметном износе втулка заменяется новой.

Плоские стыки между корпусом вертлюга и его крышками уплотняются листовыми прокладками из картона. [15]

1. 5 Уплотнительные устройства

1. 5.1 Форма

В последнее время применяют кольца Х- образного поперечного сечения показано на рисунке 3б, которые не подвержены спиральному скручиванию. Они обеспечивают более надежную герметизацию при меньшем обжатии кольца. Такое кольцо может становится в обычную канавку для колец с круглым поперечным сечением. Сопротивление началу движения меньше, чем у колец с круглым сечением.

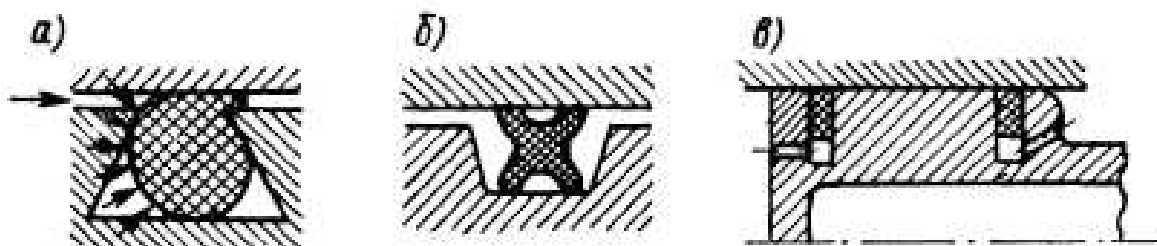
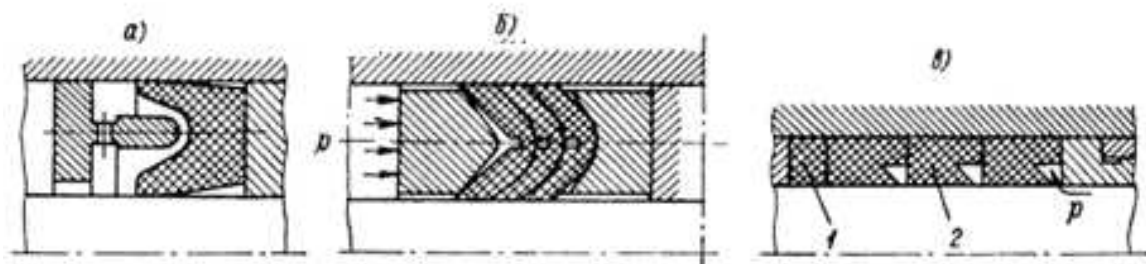


Рисунок 5 – Разновидности уплотнительных колец

Х – образные кольца являются промежуточными между манжетой и кольцом, установленными с натягом.

Установка колец прямоугольного сечения с подводом жидкости в канавку для лучшего поджатия кольца к уплотняемой поверхности приведена на рисунке 3в.

Резиновые манжеты по сравнению с резиновыми уплотнительными кольцами допускают применение более высоких давлений, имеют меньшую утечку жидкости при работе и большую долговечность, хотя их конструкция сложнее, а габариты больше, а также выше силы трения и потери энергии в уплотнениях при движении.



а – нормальная манжета (ГОСТ 6969-54) в сборке; б – шевронные манжеты (ГОСТ 9041-59) в сборке; в – однолопастные манжеты в сборке: 1 – сальник; 2 – манжета

Рисунок 6 – Типы манжетных уплотнений

Манжеты бывают нормальные рисунок 5а, шевронные 5б и прямоугольные однолопастные 5в.

В качестве материала нормальных манжет применяется резина, шевронных – прорезиненная хлопчатобумажная ткань и резина, иногда капрон, полихлорвинил, прорезиненный текстолит, кожа и др. В случаях специального использования манжеты могут быть выполнены из ковкого чугуна, нержавеющей стали, никелевых сплавов.

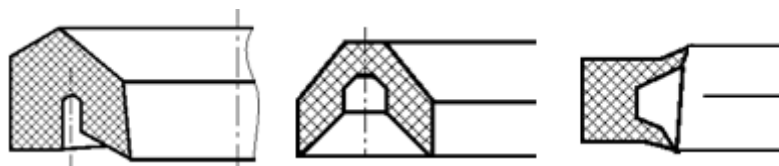


Рисунок 7 – манжеты, применяемые в вертикальных валах

Прямоугольные манжеты изготавливают из прорезиненной ткани и твердой резины.

Наиболее широкое применение нашли нормальные и шевронные манжеты.

Прямоугольные манжеты находят применение в сочетании с сальниковой набивкой, например, в ковочных прессах при сравнительно высоких давлениях.

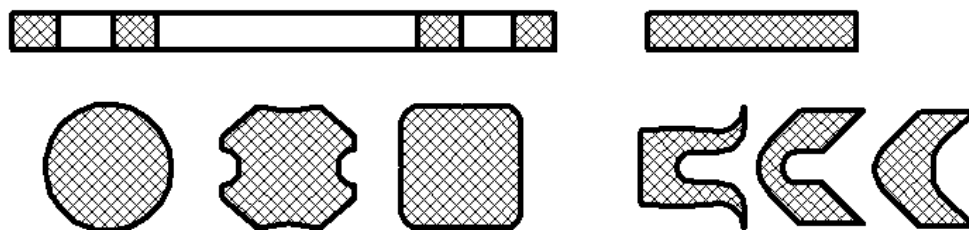
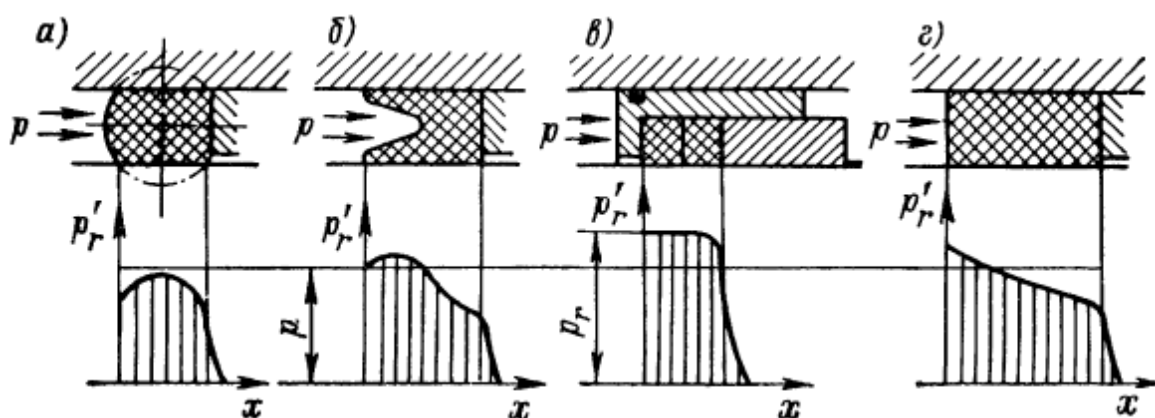


Рисунок 8 - Герметизирующие прокладки

Манжеты обычно устанавливают в сочетании с металлическими подманжетными кольцами. Однако, как показывают эксперименты, манжеты при наличии постоянного направления давления жидкости способны надежно запирать жидкость и без подманжетных колец. [2]



а – О-образное кольцо; б – манжета; в – дифференциальное уплотнение; г – сальник

Рисунок 9 – Примерное распределение удельных давлений на поверхностях прилегания уплотнений

1. 5. 2 Влияние условий окружающей среды

На эксплуатационные свойства полимерных материалов большое влияние оказывает окружающая среда. Исследования показали, что важнейшими факторами являются тепловой, механический и химический. К

тепловому фактору относится способ теплопередачи, скорость нагревания, время нагревания и общую тепловую нагрузку; к механическому фактору – нагрузку, изнашивание, вибрацию, силы инерции и др.; к химическому фактору – процессы окисления, реакционную способность и пр. Значения каждого из параметров, характеризующих окружающую среду, могут изменяться в широких пределах в зависимости от области применения уплотнений.

Работоспособность уплотнений в основном оценивают степенью герметизации и долговечностью, зависящими от ряда факторов.

Физико- химические свойства герметизирующей среды, а также среды в которой работают узлы трения машин, активно воздействуют на процессы трения и изнашивания.

Влияние среды во многом определяется агрегатным и физическим состоянием полимера, степенью его кристалличности, наличием и типом пространственных связей, свойствами и количеством наполнителя, пластификатора и др.

Коррозионное растрескивание полимеров – разрушение материала, сопровождающееся возникновением на поверхности трещин в результате взаимодействия с химически активной средой, ускоряющей развитие статической усталости. Кроме того, при воздействии агрессивной среды герметизирующие детали могут набухать, в результате которых происходит изменение свойств материалов уплотнений.

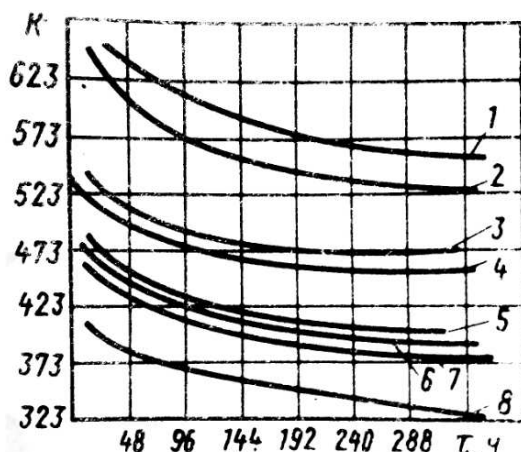
Знание физико-химических свойств материалов, их структуры и деформативности позволяет предсказать прочность материала, определить рациональные области их применения. Поэтому для понимания природы прочности материалов важно и необходимо знать, что представляют собой начальные дефекты в исходном материале, как изменяются их размеры и форма при воздействии нагрузок, агрессивных сред. [3]

1.5.3 Материалы

Уплотнительные устройства выполняются из различных полимерных материалов, которые в рабочем состоянии контактируют с металлическими деталями машин, образуя зону герметизации. При проектировании ГУ и выборе материалов необходимо учитывать большое число факторов, влияющих на параметры конструкций. Эти факторы условно можно разделить на физические и механические.

К физическим факторам относят свойства герметизирующей среды, температуру в зоне контакта, свойства герметизирующего материала.

Герметизирующая среда не должна вступать в химическое взаимодействие с материалом уплотнения, вызывать его усадку или набухание.



1 – вулкоан; 2- силиконовая резина; 3 – резина на основе фторкаучуков(тип Вайтон); 4 – полиакрилатная резина; 5 – резина на основе бутилкаучука; 6 – резина на основе неопрена; 7 – резина на основе натурального каучука; 8 – нитрильная резина;

Рисунок 10 – Зависимость старения от температуры для различных эластомеров

Экспериментально установлено, что повышение температуры уменьшает срок службы уплотнений показан на рисунке 10. Нагрев вызывает

не только разрушение уплотнений, но и их усадку. Например, герметизирующее О-образное кольцо из нитрильной резины через 14 дней работы при температуре 360 К дает усадку на 50 %.

К механическим факторам относят скорость скольжения контактирующих поверхностей, шероховатость сопряженных поверхностей, абразивные частицы и др.

При выборе материала для уплотнения следует обращать внимание на его способность компенсировать шероховатости контактируемых тел, особенно при высоких окружных скоростях. Кроме того, необходимо учитывать, что при прочих равных условиях к уменьшению коэффициента трения резин приводят следующие факторы: уменьшение номинальной площадки контакта; увеличение толщины образца; уменьшение полярности полимера; увеличение внутренних напряжений в полимере.

Многие факторы взаимосвязаны и могут действовать в противоположную сторону: например, уменьшение полярности приводит к уменьшению модуля упругости.

Применяемые материалы.

Для уплотнительных узлов применяют различные полимерные материалы: как жесткие, так и эластичные.

Полиуретаны имеют большое значение. Исследования показали, что наряду с эластичностью полиуретан обладает высокой износостойкостью и прочностью на разрыв.

Преимуществами полиуретановых эластомеров типа вулколан являются высокие износо- и маслостойкость, а также несущая демпфирующая способность. Применяют вулколан для узлов трения, ГУ, прокладок, износостойких покрытий.

Модуль упругости полимера в зависимости от типа изменяется от 4,5 до 800 Мпа, причем линейные участки диаграммы напряжение -деформация при растяжении и сжатии совпадают до предела упругости. С понижением температуры жесткость вулколана возрастает, но хрупким он становится

только при $T=233\text{ К}$. В пределах температур от нормальной до 410 К вулколан имеет постоянный модуль упругости.

При твердости до 85 единиц по Шору коэффициент трения по стальным шлифованным поверхностям составляет $0,3...0,4$, а при твердости более 90- $0,15...0,25$; при наличии смазочного материала коэффициент трения снижается до $0,04$. Вулколан при значительной твердости обладает высокой упругостью и пределом прочности ($\sigma_B = 30\text{ МПа}$) при значительном удлинении ($400...600\%$).

Изделия из полиуретана получают методом литья при давлении $80...120\text{ Мпа}$ и температуре $450-455\text{ К}$.

Таблица 1 – Характеристика полимерных материалов.

Материал	Рабочая температура, К	Предел прочности на разрыв, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость по Шору, шкала А	Уплотняемая среда
Резина на основе натурального каучука	228-370	4,5-26	900	30-100	Вода, пар
Нитрильная резина	228-403	4,5-23	750	35-96	Вода, пар, пластичный смазочный материал,масло
Полиакрилатная резина	250-410	2,5-8	750	65-88	пластичный смазочный материал
Силиконовая резина	200-470	2,5-8	900	30-80	пластичный смазочный материал,масло
Витон	228-470	8-18	280	65-95	Вода, пар, пластичный смазочный материал,масло
Вулколан	240-350	22-30	600	65-97	пластичный смазочный материал,масло , бензин
Политетрафторэтилен	83-453	14-30	200	50, шкала Д	Вода, пар, пластичный смазочный материал,масло
Гипалон	233-418	4,5-20	600	49-95	Вода, пар, сода

Большие достижения в области химии высокополимеров позволили создать резины, стойкие в агрессивных средах, термостойкие, износостойкие, а также с заранее заданными свойствами.

В динамических условиях часто требуется количественная оценка трения между резиной и другими материалами с точки зрения энергии, необходимой для его преодоления.

Известно, что внешнее трение для некоторых химических ненасыщенных резин может быть значительно снижено либо путем покрытия рабочей поверхности уплотнительных элементов фторопластовым лаком, либо путем их галогенирования или циклизации.

При проектировании резиновых уплотнений следует учитывать зависимость контактного давления от деформации резинового элемента, релаксацию напряжения, изменение давления под влиянием температуры, старения и рабочей среды. Для резиновых уплотнений необходимо предусматривать смазку, а поверхность вала должна иметь низкую шероховатость.

Наполненные полимеры, например, ПТФЭ, в настоящее время широко применяют для деталей торцевых уплотнений. ПТФЭ не изменяет своих антифрикционных свойств в диапазоне температур 83...553 К. Механические свойства ПТФЭ могут быть улучшены введением наполнителей (графит, стекловолокно и др.).

Для уплотнительных деталей в качестве наполнителя используют коллоидный графит, позволяющий получить снижение деформации под нагрузкой до 25 %, увеличить твердость на 10%. В зависимости от процентного содержания графита модуль упругости графитопласта может изменяться в широком диапазоне.

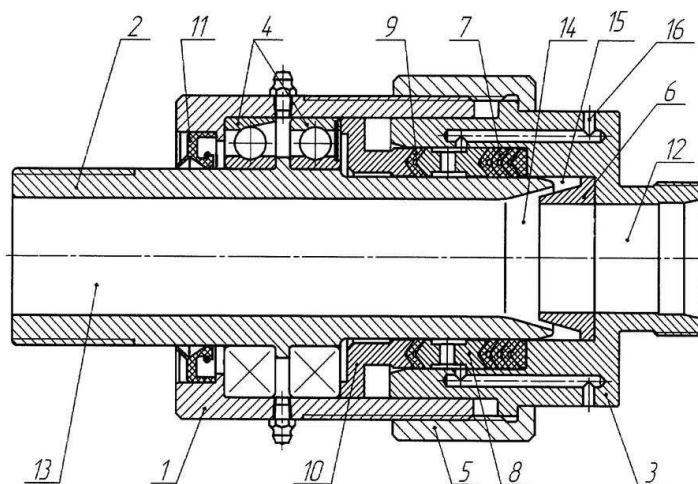
Добавка 10 % ПТФЭ способствует повышению стабильности размеров и износостойкости уплотнительных деталей из нейлона. Наполнение рубленым стеклянным волокном (25...35 массовых частей) в 3...4 раза

повышает прочностные параметры, а металлическим порошком – теплопроводность. [3]

1.6 Патентно-информационный обзор

1.6.1 Патент РФ 2425951

Сущность настоящего изобретения заключается в том, что заявляемый вертлюг, включающий основание, гильзу, корпус, два подшипника качения и манжеты, установленные между основанием и гильзой, согласно изобретению дополнительно снабжен расположенной в центральном канале полостью, которая со стороны подачи бурового раствора сообщена с центральным каналом посредством эжектора для образования в полости в процессе прокачки бурового раствора разрежения, позволяющего исключить непосредственный контакт бурового раствора с манжетами и снижающего негативное влияние абразивных частиц, содержащихся в буровом растворе, на срок службы манжет, гильзы, и каналами, предупреждающими о необходимости поджатия манжет для сохранности подшипникового узла.



1 – корпус; 2 – гильза; 3 – основание; 4 – подшипники качения; 5 – накидная гайка; 6 – эжектор; 7 – рабочие манжеты; 8 – дистанционное кольцо; 9 – дополнительная манжета; 10 – упорное кольцо; 11 – уплотнительная манжета; 12 – центральный канал основания; 13 – центральный канал гильзы; 14 – полость разряжения; 15 – полость; 16 – каналы.

Рисунок 11 – Конструкция вертлюга бурового раствора.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому вертлюгу является вертлюг фирмы «VERMEER», который применяется в установке «D-50 navigator» для горизонтально-направленного бурения скважин.

Его основными недостатками являются нерегулируемая конструкция и невозможность оперативного поджатия манжет при их ослаблении; отсутствие защиты подшипников качения от заполнения их буровым раствором при возникновении протечки через манжеты; непосредственный контакт манжет с буровым раствором во время его движения через вертлюг, приводящий к ускоренному износу манжет и гильзы из-за наличия в буровом растворе мелких абразивных частиц. Перечисленные недостатки снижают надежность и срок службы компонентов вертлюга.

Плюсом настоящего изобретения является наличие полости разряжения, из-за наличия которой буровой раствор не попадает в полость 15 и, следовательно, к манжетам 7, что исключает попадание абразива на манжеты. В случае возникновения протекания бурового раствора через манжеты 7, при их износе, буровой раствор вытекает из вертлюга по каналам 16 в основании 3, тем самым сигнализируя о необходимости произвести поджатие манжет 7 и 9. Это позволяет защитить подшипники качения 4 от попадания в них бурового раствора и предотвратить их преждевременный износ.

Так же в предлагаемой конструкции подшипниковый узел защищен дополнительной манжетой.

Предлагаемая конструкция заявляемого вертлюга позволяет без существенных затрат повысить надежность и увеличить срок службы его компонентов за счет защиты вращающихся частей от абразивных частиц, находящихся в буровом растворе. [11]

1.6. 2 Патент РФ 2011786

Цель достигается тем, что вертлюг, включающий корпус с расположенным внутри него вращающимся полым стволом, неподвижные относительно корпуса крышку и подвод, а также промежуточное соединение между стволом и подводом, состоящее из трубы и двух пакетов уплотнительных манжет, расположенных во вращающемся и невращающемся стаканах, снабжен подшипником качения с сепаратором, тугое кольцо подшипника установлено на вращающемся стакане промежуточного соединения, свободное кольцо подшипника установлено на одной из невращающихся деталей вертлюга, в сепараторе подшипника выполнен вырез, на трубе жестко зафиксирован диск, несущий один поводок или более, причем поводок (поводки) пропущен через вырез в сепараторе, установлен с зазорами по отношению к тугому и свободному кольцам подшипника с возможностью контакта с сепаратором в тангенциальном направлении и зафиксирован от проворота относительно своей оси, труба и вращающийся стакан промежуточного соединения установлены с возможностью относительного перемещения в осевом направлении, в стенках вращающегося и невращающегося стаканов промежуточного соединения выполнены сквозные отверстия, кроме того поводок (поводки) снабжен срезом в месте контакта с диском, диск выполнен в виде двух полухомутов, жестко охватывающих трубу, причем полухомуты снабжены сквозными отверстиями и срезами, контактирующими со срезами на поводках.

Для уменьшения биения вращающихся деталей промежуточного соединения 7 относительно оси вращения ствола 2 стакан 10 установлен на посадочном пояске 14 и зафиксирован накидной гайкой 12.

В стенках стаканов 10 и 11 выполнены сквозные отверстия соответственно 18 и 19. Зазоры в и г обеспечивают возможность перемещения стакана 10 относительно трубы 8 в осевом направлении при монтаже и демонтаже промежуточного соединения.

На трубе 8 жестко закреплен диск 20, поводок 21 установлен на диске 20 с возможностью контакта с сепаратором 22 подшипника 13 в тангенциальном направлении. С этой целью из подшипника 13 извлечено одно тело 23 качения (или более), в сепараторе 22 выполнен вырез 24 (фиг. 3) радиусом R и через вырез пропущен поводок 21 с зазорами по отношению к тугому 16 и свободному 17 кольцам подшипника.

Вместе со стволом получают вращение стакан 10 (фиг. 2) и тугое кольцо 16 подшипника 13, жестко смонтированные на стволе 2. Тела 23 качения подшипника, перекачиваясь по дорожкам качения тугого и свободного колец подшипника, приведут во вращение сепаратор 22 подшипника с частотой, меньшей частоты вращения ствола, и в том же направлении. Так, при вращении ствола 2 с частотой 1,5 об/с сепаратор 22 подшипника получит вращение с частотой 1 об/с.

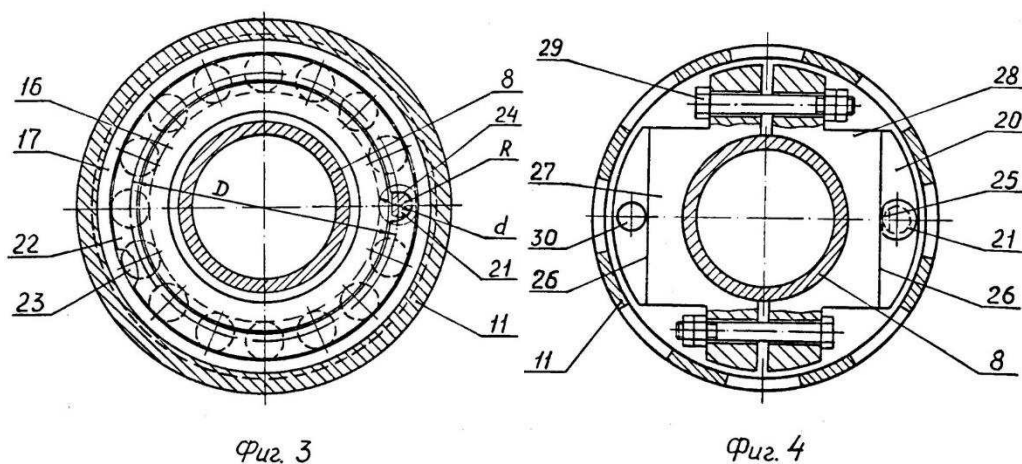
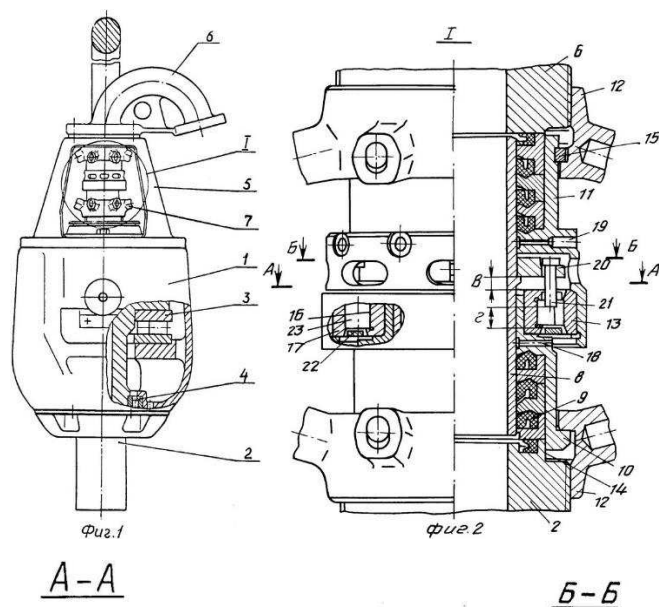
Труба 8, связанная с сепаратором 22 подшипника при помощи поводка 21 и диска 20, также получит вращение, совпадающее с вращением ствола по направлению и с меньшей частотой. При этом благодаря отсутствию постоянных радиальных нагрузок в сопряжениях промежуточного соединения сохраняются условия для самоустановки трубы 8.

Плюсом является снижение относительной линейной скорости скольжения в зоне трения трубы и уплотнительных манжет примерно в два раза позволит увеличить показатели надежности и долговечности промежуточного соединения вертлюга не менее, чем в 1,5 раза по сравнению с аналогичными показателями серийного вертлюга, выпускаемого ПО "Уралмаш".

Таким образом, заявляемое техническое решение позволит увеличить показатели надежности и долговечности вертлюга за счет повышения надежности и долговечности его промежуточного соединения.

Недостатком указанного известного технического решения является то, что в нем достигается уменьшение относительной линейной скорости

скольжения в зоне трения манжет и вкладыша, выполняющего функцию сепаратора упорного шарикоподшипника, но не манжет и трубы. [12]



1 – корпус; 2 – ствол; 3,4 – подшипники; 5 – крышка; 6 – подвод; 7 – промежуточное соединение; 8 – труба; 9 – пакеты уплотнительных манжет; 10 – вращающийся стакан; 11 – невращающийся стакан; 12 – накидные гайки; 13 – подшипник; 14 – посадочный пояс; 15 – полукольца; 16 – тугое кольцо подшипника; 17 – свободное кольцо подшипника; 18, 19 – сквозные отверстия; 20 – диск; 21 – поводок; 22 – сепаратор; 23 – тело качения; 24 – вырез; 25 – срез поводка; 26 – срез на диске; 27, 28 – полухомута; 29 – резьбовые соединения; 30 – сквозные отверстия;

Рисунок 12 – Конструкция ветлюга

1.6.3 Патент РФ 2116430

Известен вертлюг, включающий корпус, установленный в корпусе на подшипниках ствол, масляную полость и уплотнительное устройство.

Недостатком известного вертлюга является низкая надежность работы вертлюга.

Известен также вертлюг, выбранный в качестве прототипа, включающий составной корпус, состоящий из нижней и верхней частей, установленный в корпусе на подшипниках ствол, в нижней части которого размещен узел уплотнения с механизмом регулирования его поджатия.

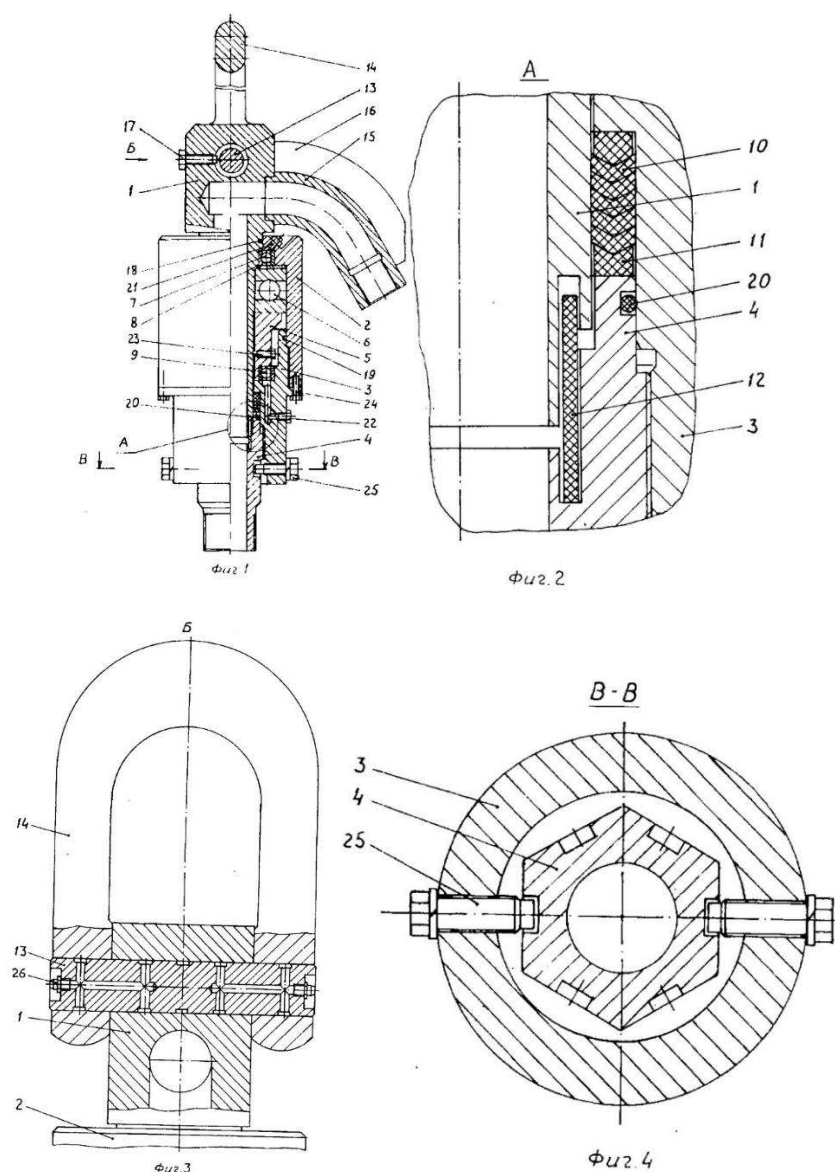
Недостатком известного вертлюга является незащищенность узла уплотнения от абразивных частиц рабочей жидкости, а также сложность механизма регулировки поджатия узла уплотнения, а также незащищенность узла уплотнения от абразивных частиц рабочей жидкости.

Задача, решаемая изобретением, - повышение надежности работы вертлюга за счет защиты узла уплотнения от абразивных частиц рабочей жидкости и за счет упрощения механизма поджатия узла уплотнения.

Сущность изобретения заключается в том, что в вертлюге, включающем составной корпус, состоящий из нижней и верхней частей, установленный в корпусе на подшипниках ствол, в нижней части которого размещен узел уплотнения, нижняя часть корпуса выполнена составной, состоящей из обоймы, соединенной с верхней частью корпуса, и зажима, размещенного в обойме на резьбе, а на торце ствола и на торце зажима выполнены цилиндрические прорезы, в которые с зазором установлено концентрическое кольцо, выполненное из неметаллического антифрикционного материала.

Плюсом является то что предложенный вертлюг позволяет регулировать величину поджатия узла уплотнения без разборки вертлюга и без отсоединения колонны труб, кроме того, у предложенного вертлюга узел уплотнения дополнительно защищен при помощи концентрического кольца,

размещенного в цилиндрических прорезях, выполненных на торцах ствола и зажима, от абразивных частиц промывочной жидкости. [13]



1 – ствол; 2 – верхняя часть корпуса; 3 – обойма; 4 – зажим; 5 – упор; 6 – упорный подшипник; 7 – центрирующий радиальный подшипник; 8 – кольцо; 9 – радиальный подшипник; 10 – пакет уплотнительных манжет; 11 – нажимное кольцо; 12 – концентрическое кольцо; 13 – ось; 14 – строп; 15 – подвод; 16 – ребро жесткости; 17 – установочный винт; 18,19,20 – уплотнительные кольца; 21 – масленка; 22 – отверстие для слива; 23 – винты; 24 – болты; 25 – установочные винты; 26 – масленки.

Рисунок 13 – Вертлюг составной

1.6.4 Патент РФ 2204687

Известен вертлюг, состоящий также из корпуса со штропом, полого ствола с отводом, стойки, опорного и направляющих подшипников, верхнего напорного и нижнего масляного уплотнений принятый за прототип.

Его недостатки:

- 1) верхний направляющий подшипниковый узел выполнен в виде двух подшипников - радиального и упорного, это усложняет конструкцию.
- 2) верхний подшипниковый узел размещен в крышке, что требует высокой точности.
- 3) невозможна подача смазки в полость между манжетами нижнего уплотнения после сборки.

Целью изобретения является упрощение конструкции, ее обслуживания в процессе эксплуатации и ремонта и повышение надежности и долговечности работы вертлюга.

Поставленная цель достигается тем, что вертлюг содержит корпус со штропом, полый ствол с отводом, стойку, опорный, верхний и нижний направляющие подшипники, верхнее напорное уплотнение и блок нижнего масляного уплотнения, состоящий из обоймы и втулки с расположенными в образуемом ими кольцевом пространстве манжетами.

Новым в устройстве является то, что верхний направляющий подшипник размещен в обойме, установленной в корпусе с возможностью осевого перемещения и взаимодействия с прижимными винтами, установленными в стойке.

Таким образом, технологическое обслуживание вертлюга возможно без снятия вертлюга с крюка талевой системы, что при бурении исключает непроизводительные простои.

Плюсы данного исполнения:

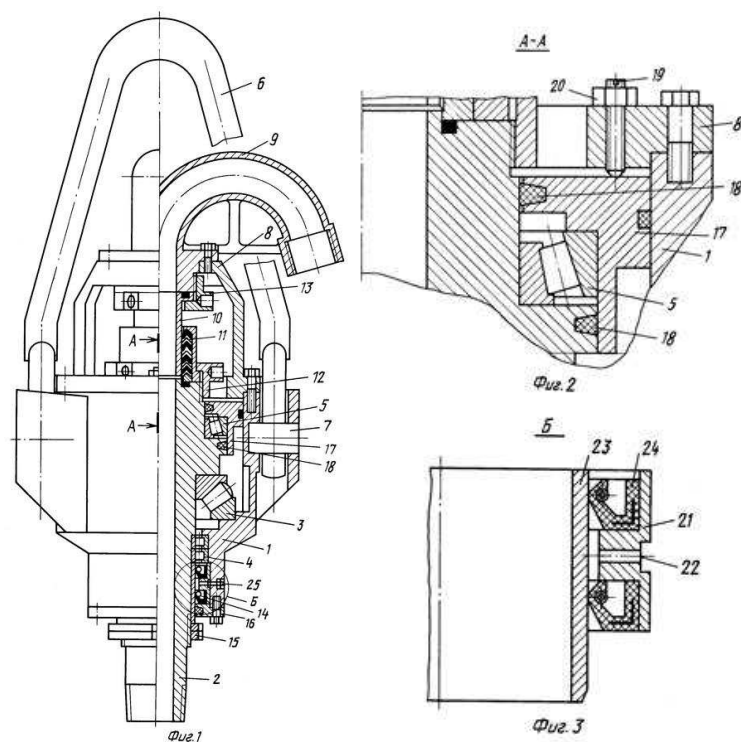
1) обеспечивается регулирование зазоров в верхнем направляющем подшипнике без разборки вертлюга, что повышает долговечность работы верхнего, направляющего и опорного подшипников;

2) обеспечивается смена верхнего и нижнего уплотнений без разборки вертлюга;

3) обеспечивается возможность подачи смазки в полость между манжетами нижнего уплотнения после сборки и в процессе эксплуатации

4) и в целом повышаются надежность и долговечность работы подшипников и нижнего уплотнения.

Все это в целом повышает надежность и долговечность работы предлагаемого вертлюга. [14]



1 – корпус; 2 – ствол; 3 – опорный подшипник; 4 – направляющий нижний подшипник; 5 – направляющий верхний подшипник; 6 – штроп; 7 – оси; 8 – стойки; 9 – отвод; 10 – патрубок; 11 – верхнее напорное уплотнение; 12, 13, 15 – гайки; 14 – блок нижнего масляного уплотнения; 16 – крышка; 17 – обойма; 18 – сальники; 19 – винты; 20 – стопорные гайки; 21 – обойма; 22 – радиальное отверстие; 23 – втулки; 24 – манжеты; 25 – отверстие;

Рисунок 14 – Вертлюг с повышенной надежностью

1.6. 5 Система силового верхнего привода. US7584810 (B1) — 2009-09-08

Обычно в области бурения механический вертлюг является механическим устройством, которое одновременно держит вес бурильной колонны и обеспечивает вращение бурильной колонны. Силовой вертлюг включает в себя неподвижную часть, которая соединена с источником питания в этом случае, двумя гидравлическими двигателями и вращающейся частью, которая соединена с бурильной колонной. Силовой вертлюг позволяет осуществлять объемный поток бурового раствора или воздуха от неподвижной части до вращающейся части без утечки.

Преимуществом данного осуществления изобретения является то, что оно обеспечивает средство для прикрепления вертлюга к узлу подвижной рамы, который механически стабилизируется посредством верхней и нижней точек крепления.

Верхний силовой привод имеет подвижную раму для перемещения по меньшей мере по двум трубкам, которые являются частью башни. Трубы могут быть опорами башни или вышки. Трубы могут быть набором рельсов, установленных на опорах буровой вышки, таких как набор стальных рельсов, приваренных к передней части буровой вышки.

Верхний силовой привод включает вращающийся приводной вал, вращающийся по оси. Силовой вертлюг получает питание от, по меньшей мере, двух гидравлических двигателей. Вращающийся приводной вал имеет частоту вращения от 0 до 150 оборотов в минуту.

Внутри буровой вышки 15, которая может быть башней в другом варианте осуществления, имеется подвижная рама 12, которая взаимодействует с трубами 14 и 16, соответственно, путем установки на рельсы, которые не показаны.

Трубы могут быть круглыми, эллипсоидными или квадратными трубчатыми. Рельсы могут быть стальными каналами.

Подвижная рама 12 имеет корпус 11. Несущая рама поддерживает, по меньшей мере, два шкивных узла 50 и 52, каждый из которых взаимодействует с подъемными средствами 103 и 105. Средство подъема позволяет поднимать и опускать силовой верхний привод, вертикально.

По меньшей мере, два верхних устройства крепления подвижной рамы и два устройства крепления нижней рамы неподвижно закреплены на подвижной раме, ближайшей к верхнему вертлюжному двигателю. Крепления могут быть приварены, приклеены или иным образом прикреплены к подвижной раме. На рисунке 10 показан вариант осуществления с четырьмя креплениями нижней части подвижного каркаса, хотя на этом виде спереди только два показаны как элементы 20 и 22. Аналогичным образом, этот вариант осуществления имеет четыре верхних каркасных крепления, хотя на этом виде только два показаны как элементы 24 и 26.

Гидравлический двигатель приводит в действие верхний силовой привод 28. На рисунке 3, первый и второй гидравлические двигатели, 38 и 39 соответственно управляют силовым ветлюгом.

Возвращаясь к рисунку 10 силовой привод 28 надежно закреплен на подвижной раме с использованием множества соединителей. На этом виде спереди соединители 30 и 32 взаимодействуют с нижними креплениями 20 и 22 соответственно, а соединители 33 и 34 входят в зацепление с верхними креплениями 24 и 26 соответственно.

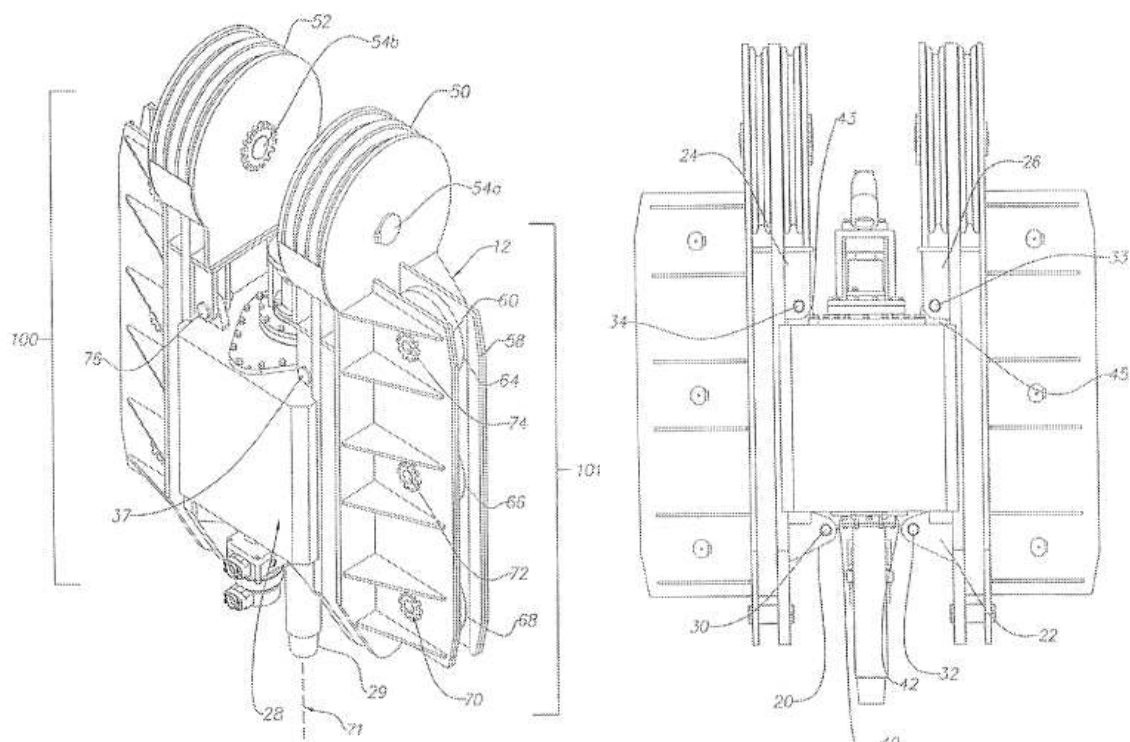


Рисунок 15 - Вид сбоку и спереди силового привода, сопряженного с подвижной рамой, без соединителей на башне, которая изображена в виде вышки.

1.6.6 Способ использования силового вертлюга с наклоном. US8807208 (B1)

Существует потребность в способе бурения с использованием узла силового вертлюга подвешенного к подъемному средству, например подвижному блоку, образующему узел поворотного устройства с дистанционным управлением, который позволяет наклонять систему дистанционного управления для выравнивания оси вертлюга с буровой колонной.

Силовой вертлюг является отраслевым термином, известным специалистам в данной области техники, для описания буровой машины, используемой с трубчатыми трубами или бурильными трубами при эксплуатации нефтяных скважин. Типичный силовой вертлюг выполняет, по меньшей мере, следующие основные функции: обеспечение крутящего

момента для вращения трубы, поддержание веса вращающейся бурильной колонны, размещение уплотняющего устройства, обеспечивающего перекачку высоконапорных буровых растворов.

В настоящем изобретении предлагается способ использования силового вертлюга, удовлетворяющего перечисленным выше требованиям, для использования с мачтой буровой вышки или буровой вышкой. Настоящее изобретение обеспечивает способ использования функции наклона поворотного устройства, обеспечивающего большую безопасность, а также экономию затрат и времени при манипуляции с трубками или бурильными трубами.

Узел силового вертлюга включает в себя силовой вертлюг и гидроцилиндр наклона.

В вариантах осуществления настоящего изобретения узел цилиндра наклона приводится в действие гидравлической текучей средой от силового вертлюга для подачи энергии и приводится в действие частично из отдельной гидравлической линии для текучей среды, соединенной с блоком цилиндра наклона. Это новое устройство позволяет использовать функцию наклона с добавлением только одного гидравлического шланга к существующему оборудованию, что приводит к экономии затрат и позволяет свертывать все необходимые шланги на одной катушке шланга.

Используемый здесь термин «шланг» может относиться к любому трубопроводу для текучей среды, используемому для подачи гидравлических жидкостей или других текучих сред.

В вариантах осуществления способа отдельная линия гидравлической жидкости может проходить через узел гидравлического шлангового барабана. Обычно используемый гидравлический шланговый барабан в сборе для силового вертлюга имеет три шланга, включая два гидравлических шланга и дренажный шланг.

Настоящее изобретение представляет собой способ использования добавленной функции наклона поворотного устройства мощности с

добавлением четвертого шланга, который может быть выполнен с минимальным изменением для узла катушки гидравлического шланга и поворотного устройства.

Узел 2 силового вертлюга с дистанционным управлением может быть прикреплен к соединительному средству 18. Средство соединения может содержать первую сторону 19а, проходящую над одной стороной поворотного устройства 10 с возможностью поворота, и вторую сторону 19b, проходящую на противоположной стороне поворотного устройства 10 для мощности.

В вариантах осуществления соединительное средство 18 может быть прикреплено к поворотному устройству питания с помощью средств соединения 24а и 24b, таких как пара штифтов, которые проходят в корпус 11 вертлюга 10.

Наклонная пластина 26 может быть установлена на корпусе 11 силового вертлюга и вокруг штифта 24b запора.

Клапан 57 наклона может сообщаться по текучей среде между гидравлическим дистанционным управлением 55 и блоком 32 наклонного цилиндра.

Клапан 57 наклона может подавать текучую среду в отверстие 46. В вариантах осуществления рычаг 56 на гидравлическом дистанционном управлении 55 может приводить в действие поворотный клапан 57 для наклона поворотного устройства, позволяя жидкости течь в удлинительное отверстие 46.

Гидравлическое дистанционное управление 55 может отводить поворотный механизм, вызывая гидравлическую текучую среду из поворотного устройства для подачи давления в отводное отверстие 48 узла 32 цилиндра наклона.

В вариантах осуществления клапан наклона заставляет гидравлическую жидкость поступать в отверстие на узле 32 цилиндра наклона, расширяя цилиндр, таким образом наклоняя его под углом от вертикального положения до тех пор, пока не прекратится поворот поворотного механизма.

Средство отвода силового вертлюга может быть размещено внутри блока 304 распределителя клапанов на цилиндре.

Варианты поворота силового вертлюга могут включать в себя стержень 300 для соединения с бурильной трубой 301.

Вертлюг может включать поворотный тормоз 302 и блок 304 распределителя клапанов рядом с тормозом.

Первое впускное отверстие 306 для и второе отверстие 308 могут обеспечивать возможность протекания гидравлической жидкости в поворотное устройство 10. Опорный подшипник 314 может находиться в корпусе с возможностью поворота и соединяться со штоком. Гидравлический двигатель 316 может вращать шток, поддерживаемый упорным подшипником.

В вариантах осуществления средство втягивания может включать в себя один или несколько обратных клапанов и клапан для уменьшения и сброса давления. В вариантах осуществления средства втягивания могут быть соединены с втягивающим шлангом 61 для протекания гидравлической жидкости к цилиндру втягивания.

В вариантах осуществления гидравлическую текучую среду можно перемещать через клапан 57 наклона с помощью гидравлического насоса 111.

В вариантах осуществления узел 2 поворотного устройства с дистанционным управлением может включать в себя гидравлический узел 60 барабана для шланга, гидравлически соединенный между клапаном 57 наклона и удлинительным отверстием 46.

Также показан порт 112 для протекания гидравлической жидкости из гидравлического источника 49.

Один или несколько клапанов в блоке коллектора клапана могут пропускать гидравлическую жидкость в отводящее отверстие 48, отводя поворотный механизм, пока он не ограничен регулируемым упором.

Точная ориентация вертлюга может регулироваться с помощью регулируемого упора 27. Регулируемый стопор может регулироваться под разными углами вокруг центральной точки 31 сквозного отверстия 30.

В вариантах осуществления регулируемый стопор 27 может быть зафиксирован в положении с помощью стопорной гайки 18. Регулируемый стопор 27 может ограничивать вращение поворотного устройства с возможностью поворота, по существу, в вертикальном положении.

Когда узел 32 цилиндра наклона удлиняет цилиндр 40, поворотный кронштейн 10 может отклоняться от вертикального положения и может быть наклонен до полного выдвижения цилиндра. Когда цилиндр втягивается, поворотный кронштейн можно поворачивать в противоположном направлении, чтобы переместить его под требуемым углом в пределах диапазона вращения. Узел 32 цилиндра наклона может регулировать опрокидывание поворотного устройства 10 силы вокруг центральной точки 31 на угол 91 наклона. Полное расширение цилиндра может регулироваться для управления углом 91 наклона. Угол наклона может быть заданным углом наклона.

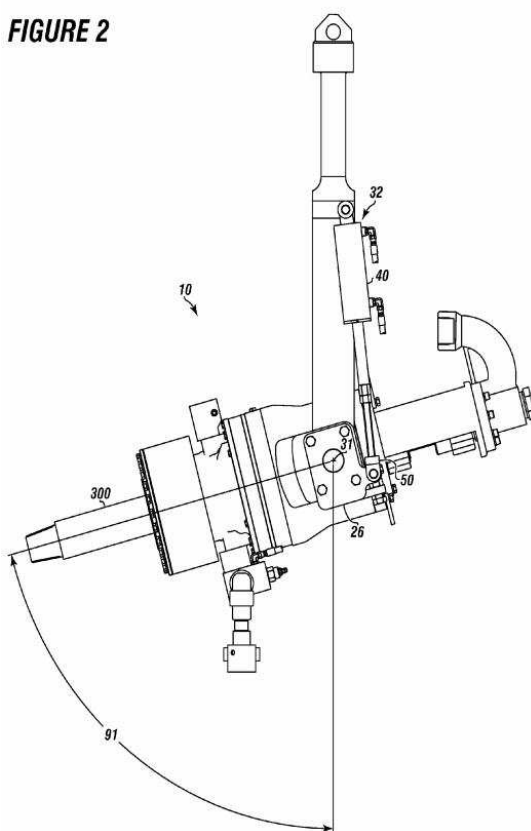


Рисунок 16 - Вид сбоку поворотного устройства, наклоненного в сторону от вертикального положения.

1.6.7 Силовой вертлюг со съемным / сменным вкладышем подшипника US2009000825 (A1)

Как правило, в связи с настоящим изобретением силовой вертлюг является устройством для вращения бурильной колонны в стволе скважины (такой как нефтяная или газовая скважина). В своей простейшей форме силовой вертлюг представляет собой устройство, содержащее приводимый в движение флюидом (обычно гидравлический) двигатель, который вращает приводное зубчатое колесо. Приводное устройство прикреплено к штоку (относительно короткая трубчатая секция), которая имеет резьбовое соединение на его нижнем конце и отверстие, через которое можно закачивать буровые растворы. Вращающаяся бурильная колонна с резьбой зацепляется на нижнем конце штока. Затем буровые растворы можно закачивать через отверстие ствола и в отверстие бурильной колонны.

Шарниры мощности, в общем смысле, хорошо известны в предшествующем уровне техники. U.S. Pat. В патентах США 4074775 и 4574893 раскрыты примерные варианты выполнения поворотных устройств с электроприводом. Однако известные известные поворотные устройства мощности имеют определенные структурные признаки, которые требуют относительно дорогого ремонта при изнашивании вертлюга. Ключевым элементом силовых вертлюгов является «несущий сердечник», который является частью поворотного механизма, который обеспечивает опорную поверхность для вращения штока, а также переносит вертикальную нагрузку на шток к основному корпусу поворотного устройства, Тем самым поддерживая вес бурильной колонны с помощью поворотного устройства. Несущий стержень находится внутри основного корпуса поворотного устройства; В известных вертлюгах с силовым верхом основной корпус, как правило, представляет собой по существу единую деталь, обычно ковку или отливку. Ядро подшипника, как и многие подшипники, в конечном итоге изнашивается и нуждается в замене. В известных поворотных силовых

шарнирах сердечник подшипника был, по существу, неотъемлемой частью основного корпуса поворотного устройства с силовым замыканием, поскольку замена сердечника подшипника приводила к замене или повторной механической обработке основного корпуса с силовым поворотным устройством при относительно больших расходах и время.

Одним из аспектов новизны настоящего поворотного шарнира является съемный подшипниковый стержень, на котором вращается главный упорный подшипник. В соответствии с настоящим изобретением, если сменный сердечник подшипника выходит из строя (или просто доходит до точки износа, при которой требуется замена), его можно извлечь и заменить (как правило, в цехе), а остальные компоненты поворотного устройства Повторно использован. В известных шарнирах мощности аналогичный отказ означал возможную замену основного корпуса поворотного устройства.

Силовой вертлюг 10 содержит основной корпус 20 с главной полостью 22 (показан более подробно на фиг.3) и стержень 30, установленный с возможностью вращения в основной полости 22 основного корпуса 20. Основной корпус 20 имеет средство для подъема, прикрепленного к нему. В настоящем варианте осуществления только в качестве иллюстрации указанное средство подъема содержит (со ссылкой на фиг.1-3) подъемные уши 24, штифты 26, вставленные через подъемные уши 24, и пару поручней 40 и 50, Штифты 26. Захваты 40 и 50 прикрепляются к подъемной балке 60, которая, в свою очередь, прикрепляется к подъемному механизму буровой установки или к другому устройству, используемому для подвески поворотного устройства.

Как можно видеть на чертежах, вертлюг 10 содержит линию 80 текучей среды, которая соединяется с насосом. Флюиды (например, буровой раствор) могут прокачиваться через линию 80 текучей среды, а оттуда через отверстие штока 30 и в бурильную колонну.

Как видно на рисунке 12 поворотный электропривод 10 дополнительно содержит приводной двигатель 90, обычно гидравлический двигатель, который приводит в движение кольцо или приводное зубчатое колесо 80. Приводной двигатель 90 может быть установлен на вертлюге 10, как показано на фиг. 2, или на нижней части вертлюга 10, как на фиг. 1. Как хорошо известно в данной области техники, приводная текучая среда, например гидравлическая жидкость, закачивается в привод двигателя 90 из отдельного силового агрегата. Должно быть понятно, что при желании можно использовать несколько приводных двигателей.

Вертикальная нагрузка передается на ведущую шестерню 80, затем на основной упорный подшипник 95, затем на съемный подшипниковый сердечник 100. Затем вертикальная нагрузка переносится на основную часть 20 поворотного устройства 10 питания. Вертикальные нагрузки затем переносятся в средство Для подъема силового вертлюга 10, как описано выше. Силовой вертлюг 10 может содержать дополнительные подшипники 10 для надлежащей обработки других сил, передаваемых на шток 30.

Несущий сердечник 100 спроектирован и сконфигурирован так, чтобы быть легко удаляемым из основного корпуса 20, и может быть заменен. Конкретная форма и размер несущей сердцевины 100 могут варьироваться для удовлетворения различных требований нагрузки, а также от размера и геометрии основного корпуса 20. Материалы, пригодные для изготовления указанного несущего сердечника, включают в себя различные металлы, хорошо известные в данной области техники. Ключевым моментом является то, что несущий сердечник 100 является отдельным и съемным от остальной части основного корпуса 20.

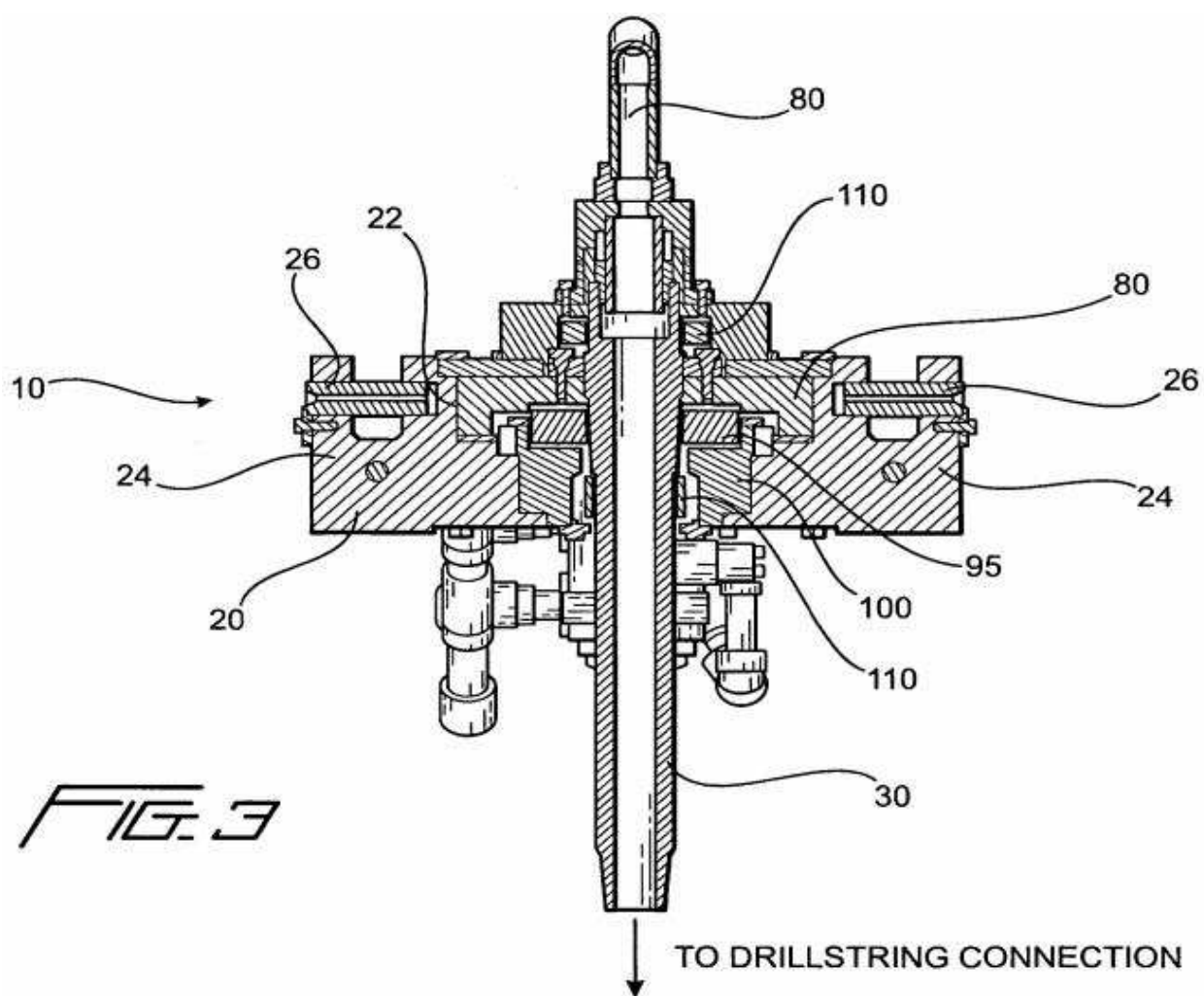


Рисунок 17 - Поперечное сечение, показывающее различные внутренние компоненты поворотного устройства.

1.7 Выводы

В данной главе были рассмотрены общие сведения о вертлюгах, а именно их общая конструкция, принцип действия и назначение. Также представлено место вертлюга в составе буровой установке и проведен патентный обзор. После рассмотрения этих сведений стало ясно, что проблемной частью вертлюга является верхний напорный уплотнительный узел. Частая его замена приводит к остановке работ, следовательно, к материальным затратам. Исходя из этого мною был проведен обзор существующих уплотнительных устройств, их форм и материалов. Решением этой проблемы является не изменение материала или формы манжет, а создание поворотного устройства лабиринтного уплотнения с применением минерала серпентинита.

2 Теоретические исследования

2. 1 Серпентинит и его состав

Серпентин — минерал сложного состава $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$, или $3MgO$; $2SiO_2$; $2H_2O$. Занимает крайнее положение в изоморфном ряду: серпентин — ревдинскит. Под общим названием здесь объединяется ряд политипов и структурных разновидностей главными из которых являются антигорит, лизардит и хризотил. Название лизардит относят, обычно, к массивному серпентиниту. Хризотил и антигорит очень похожи, но для антигорита характерна листоватое или пластинчатое сложение, а для хризотила — волокнистое (асбестоподобное). Практически, каждая из этих минеральных разновидностей может участвовать в составе распространенной горной породе — серпентините (часто с примесью других минералов), известную также, как офит, серпофит или змеевик. Сингония моноклиная. Химический состав: окись магния (MgO) 43,0%, двуокись кремния (SiO_2) 44,1%, вода (H_2O) 12,9%; часто присутствуют в виде примеси окислы железа и никеля. [7]

Таблица 2 – Состав серпентинитов

Название	Формула химическая	Содержание, масс. %
Серпентин	$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$	60-80
Магнетит	Fe_3O_4	5-20
Гидроталькит	$Mg_6Al_2(OH)_{16}[CO_3]_4H_2O$	до 12
Карбонаты	$CaCO_3$, $CaMg(CO_3)$ и др.	до 12
Хлориты	$(Mg, Fe^{2-}, Fe^{3-}) \times [Al Si_2O_{16}] (OH)_8$	до 10
Амфиболы	$A_{2-3} B_5 [(Si, Al)_4O_{11}]_2 (OH)_2$ где $A = Mg, Fe^{2-}$, Са или Na $B = Mg, Fe^{2-}, Fe^{3-}$ или Al	до 5
Полевые шпаты	$K[Al Si_3O_{10}]$	до 9
Диопсид	$CaMg [Si_2 O_6]$	до 5
Авгит	$Ca (Mg, Fe, Al) [(Si, Al)_2 O_6]$	до 5
Форстерит	$Mg_2[SiO_4]$	до 5
Слюды	$AB_{2-3}[T_4O_{10}] (OH, F)_2$, где $A = K, Na, Ca$ и др., $B = Al, Mg, Fe$, $T = Si, Al$	до 10

2.2 Изучение пары трения на основе применения серпентинитов с целью увеличения надежности узлов трения

Исторически первыми минералами, которые начали широко применяться в целях устранения износа машин, были серпентинитовые породы. Природные «зеркала скольжения» пластов горных пород явились прототипом вторичных покрытий, формируемых на поверхностях деталей машин. В настоящее время серпентиниты являются наиболее распространенными.

Крайне любопытным является тот факт, что удивительные свойства минерала серпентина – были открыты совершенно случайно в 70-х годах прошлого века в СССР. Тогда во время бурения сверхглубоких скважин на Кольском полуострове специалисты столкнулись с загадочным феноменом: резким снижением износа бурового оборудования. В ходе исследования этого явления и было установлено, что на их режущих кромках при прохождении через слой серпентина образуется композитная структура, обладающая очень высокой твердостью и износостойкостью.

Для создания пары трения используются две стальных втулки с минимальным зазором. На внутренней втулке с большой точностью вытачиваются канавки для наращивания на противоположной поверхности вторичного слоя трибоструктур. На внешней втулке сверлится канал для доставки серпентинитосодержащего раствора на поверхности трения.

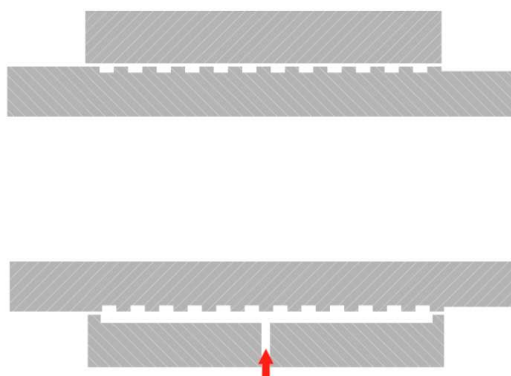


Рисунок 18 – Пара трения

На первом этапе в области трения, в микропятнах контакта, где возникает давление, кристаллы минерала разрушаются, образуя активные радикалы. В это же время кристаллы, имеющие более высокую твердость по отношению к металлу, производят микрошлифование контактирующих поверхностей. При этом с поверхности металла удаляются, окисные пленки, то есть поверхность «активируется». Происходит доизмельчение кристаллов, в результате которого размер частиц становится меньше величины зазоров в узле трения. Излишки материала попадают в специальные канавки.

Второй этап начинается, когда в зоне контакта под действием катализаторов и энергии контактных нагрузок происходит замещение катионов Mg в кристаллах на катионы Fe с образованием твердых растворов. Процесс идет при направленном действии высокой (на уровне предела текучести) нагрузки, в ходе которой поверхности притираются. В результате на поверхности образуется модифицированный слой, органически связанный с поверхностным слоем стали.

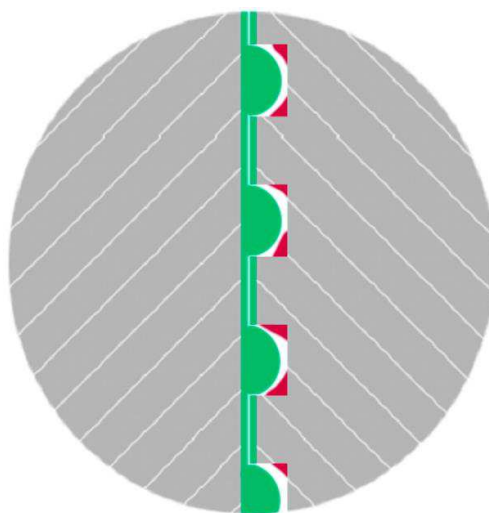


Рисунок 19 – Увеличенная область контакта

Твердость поверхности существенно увеличивается, прекращается ее абразивный износ, излишки реакции остаются в канавках. Способность силикатов к образованию взаимных твердых растворов приводит к тому, что

образующийся на поверхности стали слой, состоит из различных по структуре соединений, связанных между собой. Вторым этапом заканчивается, когда насыщение произойдет по всей поверхности металла в зоне трения. В конце второго этапа резко уменьшается коэффициент трения, о чем свидетельствует снижение температуры нагрева узла трения, так же втулки перестают течь серпентинитосодержащим раствором.

2.3 Технология изготовления серпентинитосодержащего раствора

Для получения модифицирующего состава предварительно размолотые минералы до размера частицы не более 0,1 мм вводят в масло марки М-14-Д2 (цп 30) из расчета 320–390 г на литр и затем подвергают обработке в гидродинамическом кавитационном диспергаторе, с частотой около 200 Гц не менее 30 минут, обеспечивая конечную дисперсность твердых частиц в суспензии в пределах от 0,05 до 1 мкм.

Модифицирование поверхности стального образца минеральными и органоминеральными материалами осуществляли фрикционным методом на режиме: линейная скорость упрочняемой поверхности 0,63 м/с, усилие ступенчато увеличивали со 100 до 400 Н с интервалом 100 Н и времени воздействия при каждой нагрузке 1 мин.

2.4 Разработка стенда для образования пары трения с применением серпентинитов

Основой стенда будет служить токарно- фрезерный станок, а его оснастка представлена на рисунке 20.

По разработанной технологии внутренняя и внешняя втулка должны вращаться в различные стороны, то есть к примеру, одна по часовой другая против, также притирка должна осуществляться под давлением. Вращение обеспечивается тем что внутренняя втулка закреплена в задней и передней

бабке фрезерного станка, а на внешней закреплено колесо, которое получает вращение посредством ременной передачи от электродвигателя. Давление осуществляется четырьмя роликами, для осуществления равномерного давления. Для подачи материала на втулки сверху одевается специальное устройство, уплотненное манжетами, в которое через штуцер подается материал.

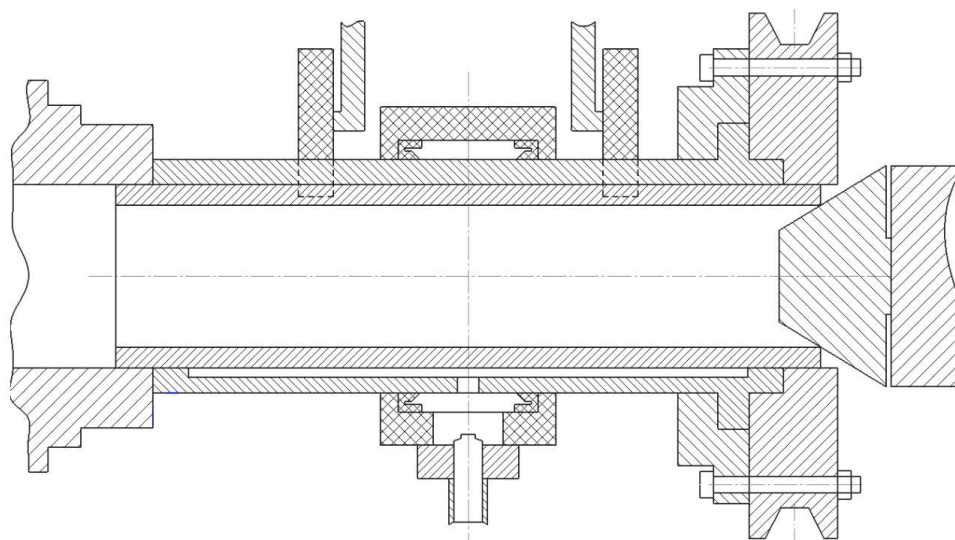


Рисунок 20 – Оснастка станка

2.5 Выводы

В данной главе была рассмотрена пара трения, состоящая из внутренней и внешней втулки. Было выяснено, что при подаче серпентинитосодержащего раствора в зону контакта втулок и при подаче на втулку равномерного давления на поверхности будет образовываться модифицированный слой, вторичная трибоструктура. Для создания лабиринтного уплотнения на поверхности внутренней втулки будут проточены канавки. Создана конструкция стенда для обработки и состав серпентинитосодержащего раствора. В целом создание такой пары трения позволяет работать ей без дополнительных смазывающих материалов, восстанавливать модифицированный слой при необходимости. Данная конструкция имеет высокие долговечностные показатели.

3 Проектирование и расчет конструкции

3.1 Разработка конструкции вертлюга

1 Разработка конструкции втулок, образующих лабиринтное уплотнение. На рисунке 21 представлена внутренняя втулка, на которой нарезана резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн ГОСТ 284887-90. Обозначение резьбы 3-147.

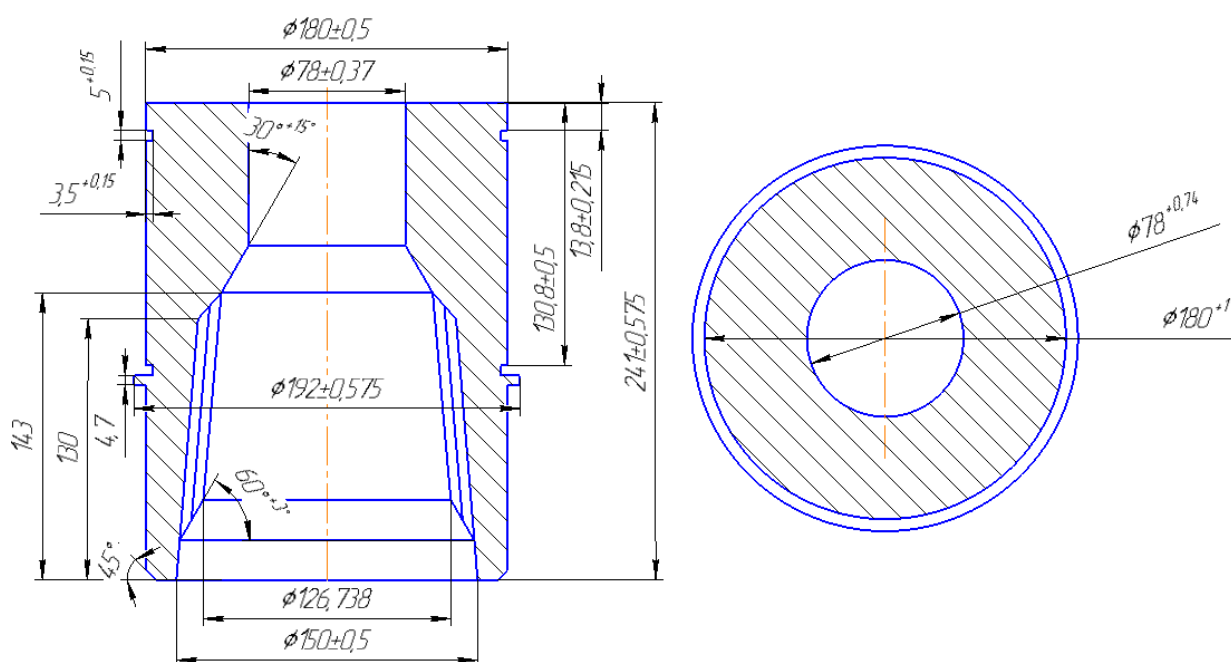


Рисунок 21 – Внутренняя втулка

На рисунке 22 представлена внешняя втулка, она является валом, а корпус поворотного устройства втулкой. На ее поверхности выполнены зубья шлицевого соединения ГОСТ 6033-80 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°». Размеры взяты для шлицевых валов и втулок с модулем 4,00 мм. Число зубьев и впадин равно 9. Центрирование осуществляется по внутреннему диаметру. Номинальный диаметр равен 210 мм.

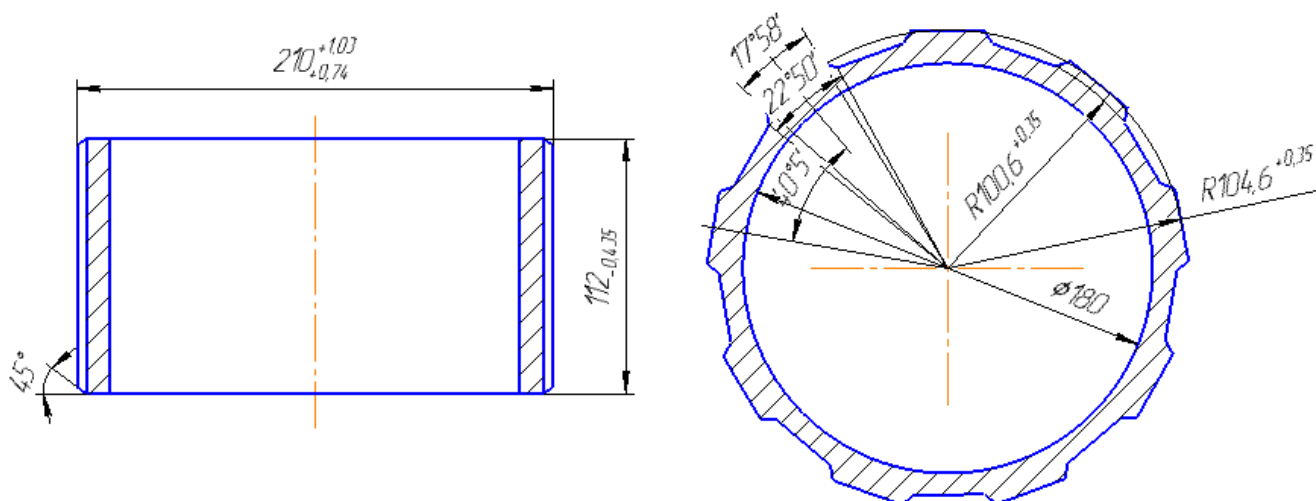
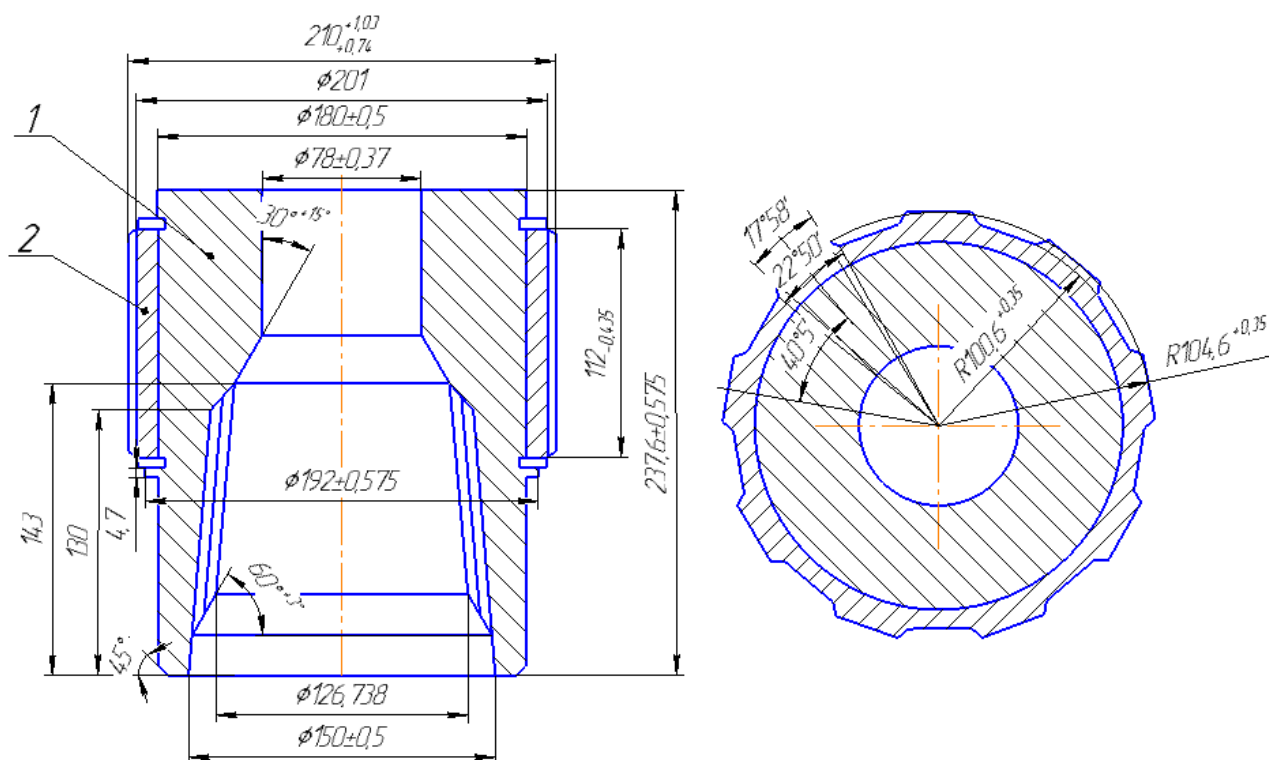


Рисунок 22 – Внешняя втулка

На рисунке 23 выполнены внешняя и внутренняя втулка в сборе. Внешняя втулка дополнительно стопорится двумя плоскими упорными кольцами ГОСТ 13942-86 сверху и снизу.



1- внутренняя втулка; 2- внешняя втулка.

Рисунок 23 – Втулка в сборе

2 Разработка корпуса поворотного узла.

Как показано на рисунке 24, внутри корпуса выполнено шлицевое соединение для фиксации внешней втулки, образующей лабиринтное уплотнение. Шлицы выполнены по ГОСТ 6033-80 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30° ». Также корпус является связующим звеном между отводом и корпусом вертлюга, поэтому снизу и сверху выполнены фланцевые соединения. Верхний фланец выполнен с 6 отверстиями с резьбой M30x3,5. Нижний выполнен с 6 отверстиями без резьбы. Имеется место для посадки подшипников с качеством М6. Для упорного кольца фиксирующего подшипники предусмотрена резьба M25x4.

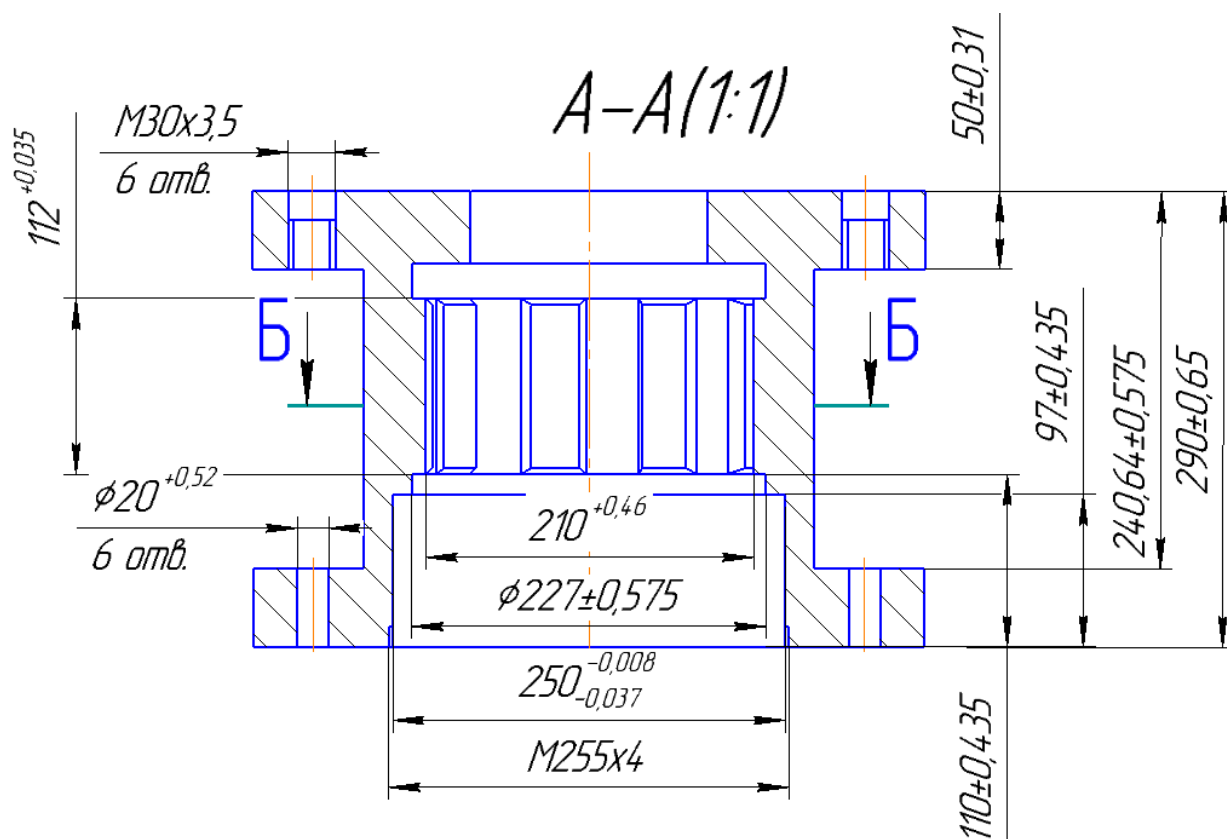


Рисунок 24 – Корпус поворотного устройства

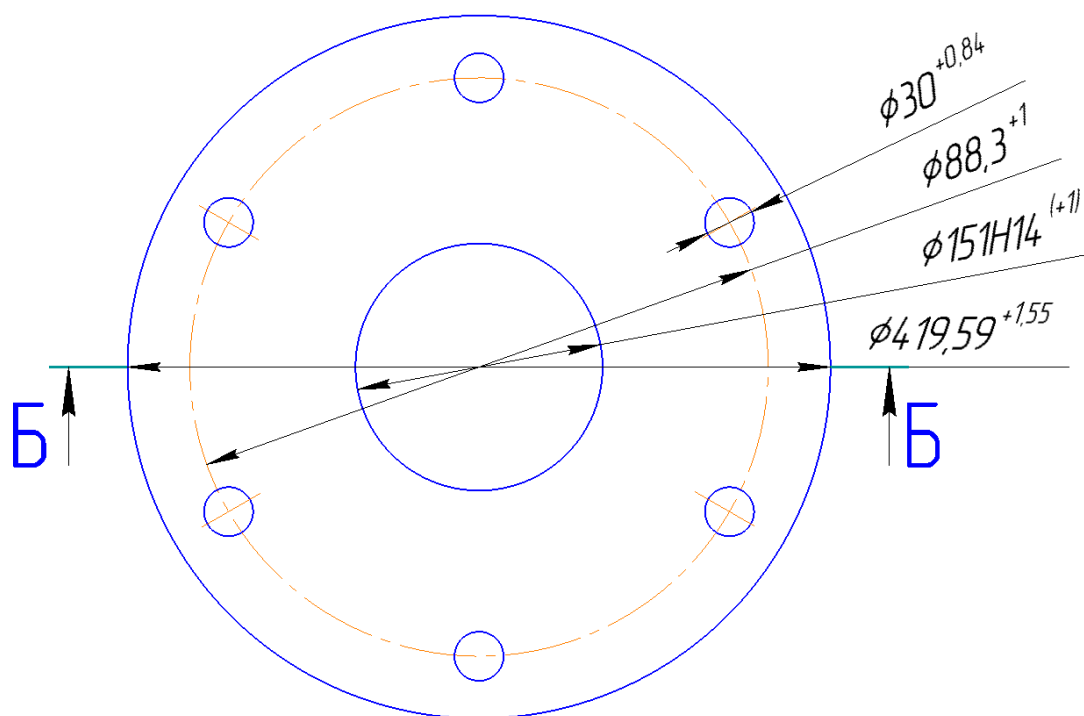


Рисунок 25 – Корпус вид сверху

Далее подбираются подшипник, вид которого представлен на рисунке 26. В данном случае мы берем 2 однорядных радиальных шарикоподшипника марки NSK - 6936-M (базовое обозначение). Полное обозначение подшипника NSK - 6936M 5.

Размеры:

$d = 180$ мм

$D = 250$ мм

$B = 33$ мм

Вес = 5 кг

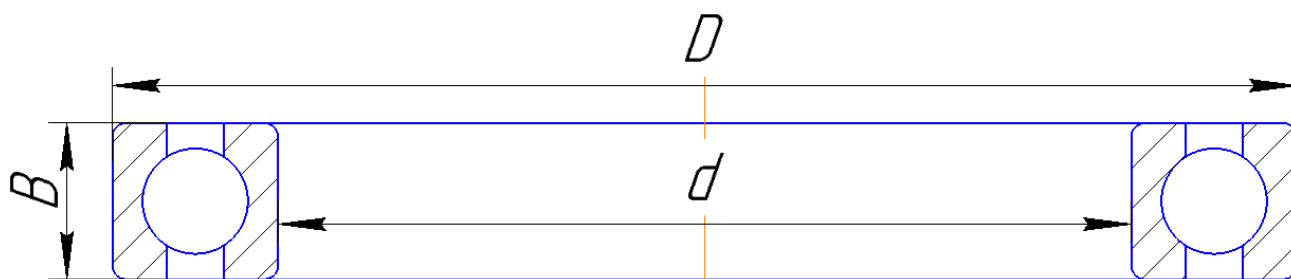
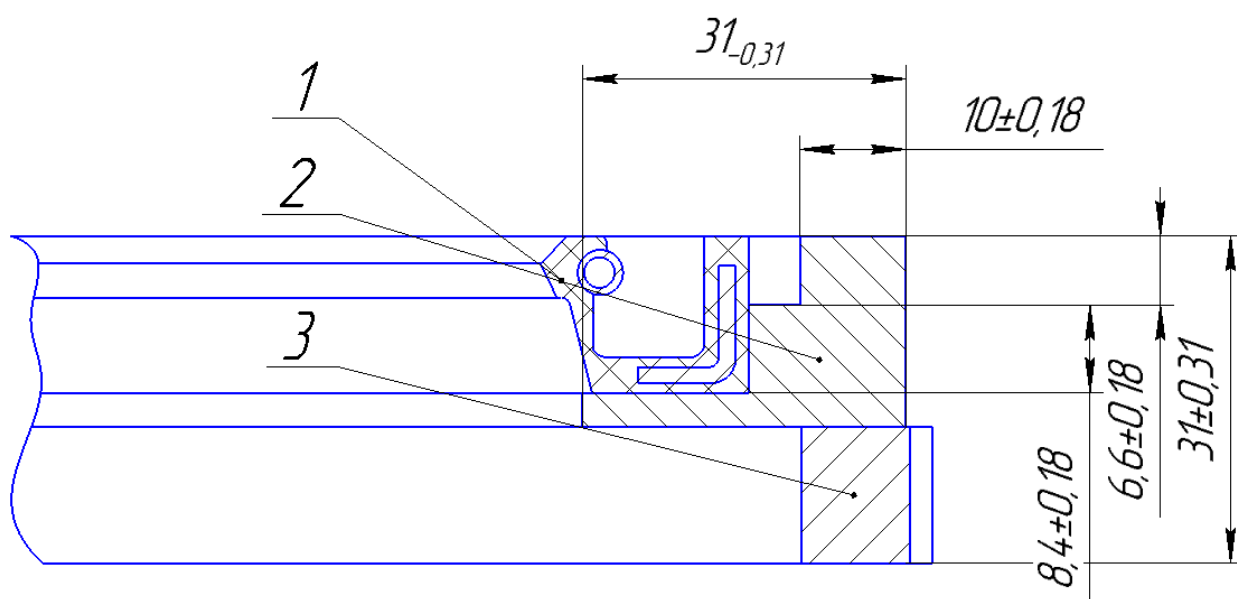


Рисунок 26 – Подшипник

Сверху подшипник упирается в корпус, а снизу фиксируется упорными кольцами, показанными на рисунке 27. Под номер 1 показана манжета резиновая армированная ГОСТ 8752-79. Под номером 2 кольцо, идущее с зазором по отношению к валу. Под номером 3 представлено упорное кольцо с резьбой M255x4, для фиксации, а корпусе.



1 – манжета; 2 – кольцо; 3 – кольцо упорное.

Рисунок 27 – Упорные кольца подшипника

На рисунке 28 представлено поворотное устройство в сборе. Перед сборкой нужно набить подшипники смазкой. Для начала в корпус 2 устанавливается втулка с лабиринтным уплотнением 1, далее радиальные шарикоподшипники 3 и далее фиксируется упорными кольцами 5.

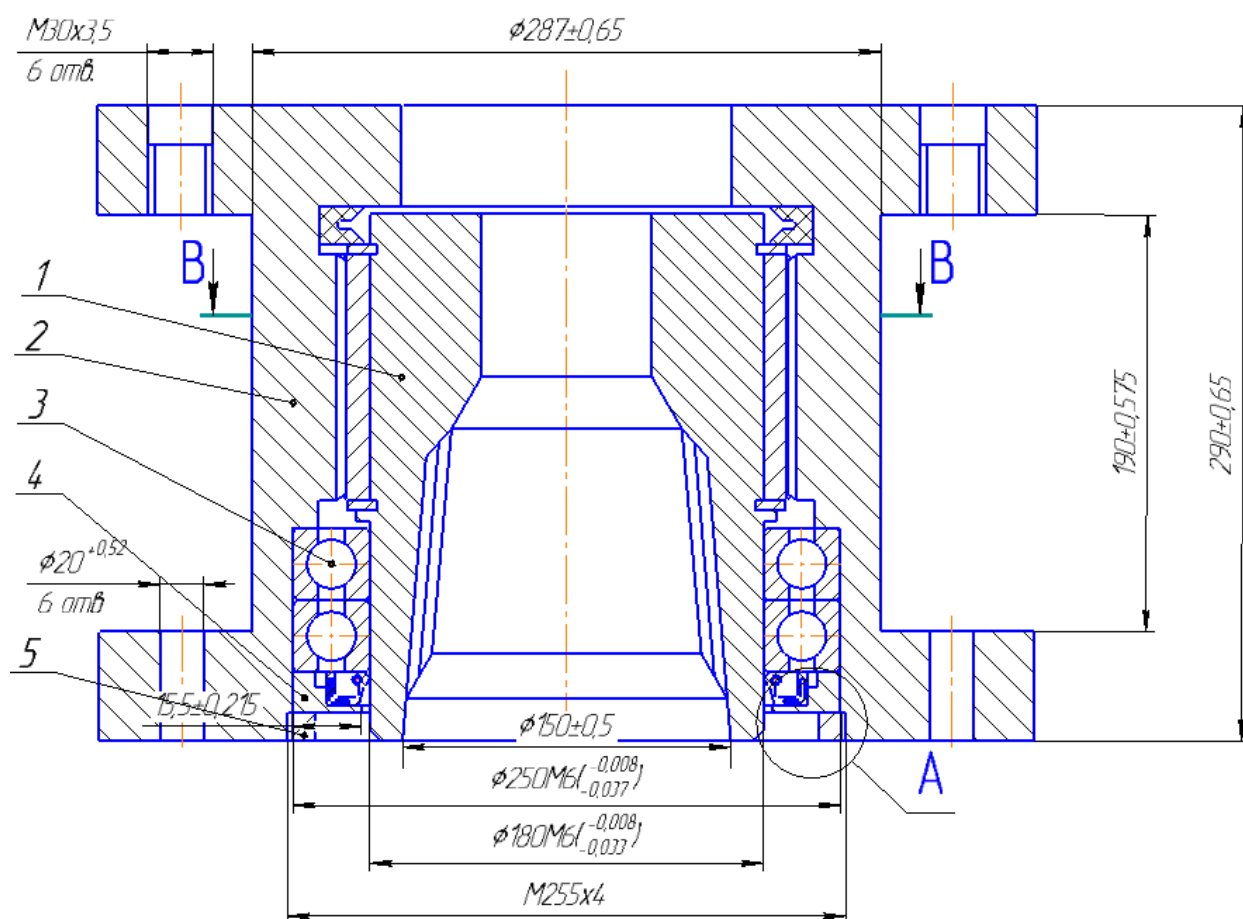


Рисунок 28 – Поворотное устройство

Для модернизации берется вертлюг уральского машиностроительного завода бурового оборудования УВ-250, он представлен на рисунке 29.

Таблица 3 – Параметры вертлюга УВ-250

Параметры	Значения
Допустимая (максимальная) нагрузка, кН	2500
Динамическая нагрузка (при 100 об/мин), кН	1450
Максимальное давление прокачиваемой жидкости (раствора) в стволе, МПа	25
Габаритные размеры, мм	
высота с переводником, мм	2850
ширина по пальцам штропа, мм	1090
Масса, кг	2420

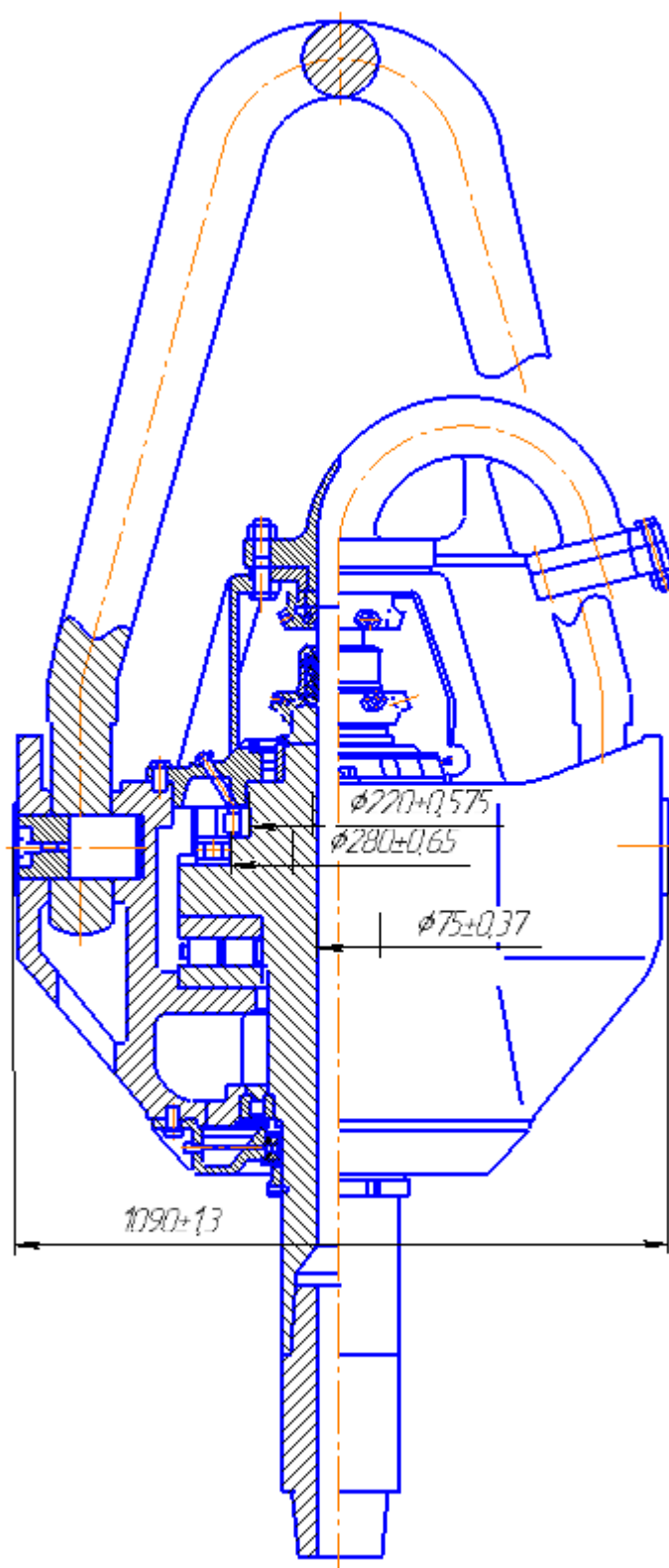


Рисунок 29 – Вертлюг УВ-250

На рисунке 30 представлен вертлюг с установленным поворотным узлом. Для его установки ствол выполнен длиннее стандарта и с нарезанной конической замковой резьбой. На верхних крышках корпуса сделаны

отверстия с резьбой M20x3,5, для фиксации с помощью болтов поворотного устройства. Сверху с помощью фланцевого соединения крепится отвод.

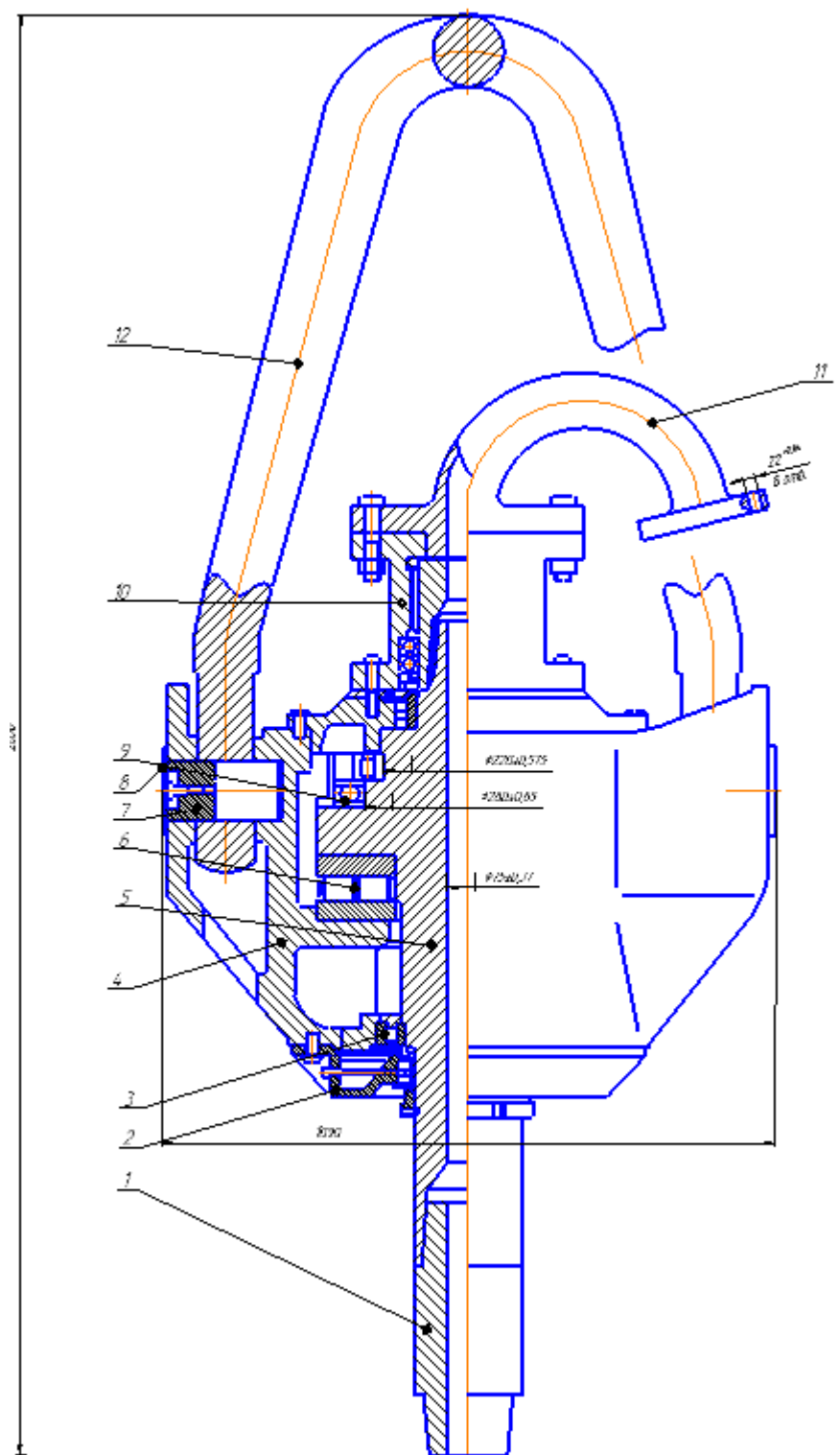


Рисунок 30 – Вертлюг УВ-250 модернизированный

3.2 Расчеты

3.2.1 Расчет ствола вертлюга УВ-250

Для начала расчетов нам известны такие исходные данные, как грузоподъемность $Q=25\text{т}$ и давление прокачиваемой жидкости $p=25\text{ МПа}$. Далее будут рассчитываться основные детали вертлюга.

Ствол вертлюга изготовлен из термообработанной и высоколегированной стальной поковки высокого качества и является основной вращающейся деталью, воспринимающей на себя вес бурильной колонны во время бурения скважины. Для прохода жидкости ствол имеет внутреннюю расточку. Снаружи ствола находится грибовидный фланец, которым он опирается на основной упорный подшипник, воспринимающий нагрузку от веса бурильной колонны. На нижнем конце ствола выполнена внутренняя коническая резьба (левая). Для соединения вертлюга с колонных бурильных труб на нижнем конце ствола установлен переводник. Ствол вертлюга рассчитывается на прочность при деформации растяжения, изгиба и среза. Для расчета ствола имеем следующие данные рисунок 31:

Исходные данные для расчета:

$$D=198\text{ мм};$$

$$D_1=168\text{ мм};$$

$$D_2=227\text{ мм};$$

$$D_3=75\text{ мм};$$

$$D_4=266\text{ мм};$$

$$D_5=558\text{ мм};$$

$$D_6=190\text{ мм};$$

$$h=87\text{ мм};$$

$$Q_{\text{кр}}=250\text{ кН}.$$

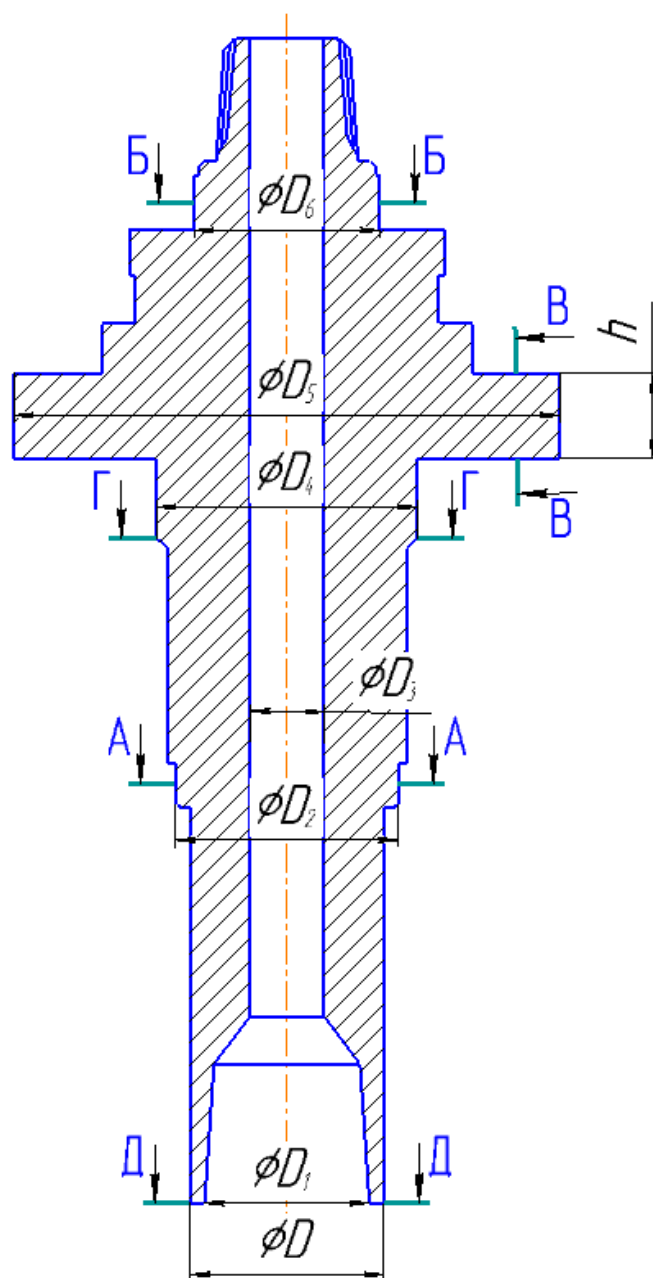


Рисунок 31 – Ствол вертлюга УВ-250

Конфигурация и размеры ствола на рисунке 31 проверяются расчетом. Внутренний диаметр ствола выбирается из условия, что наибольшая скорость потока промывочной жидкости не будет превышать 6-8 м/с во избежание повышенной эрозии стенок.

Предел выносливости на растяжение ствола определяется из условия работы вертлюга при пульсирующем цикле. Так как, периоды нагружения

вертлюга при бурении чередуются с полной разгрузкой его при наращивании труб и смене долот.

В сечении А-А ствол вертлюга рассчитываем на прочность при растяжении.

Расчет ведем по формуле:

$$\sigma_p = \frac{Q_{кр}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - D_3^2)}, \quad (1)$$

$$\sigma_p = \frac{Q_{кр}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - D_3^2)} = \frac{250000}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,227^2 - 0,075^2)} = \frac{250000}{0,036} = 6,94 \text{ МПа},$$

где $Q_{кр}$ — максимальная нагрузка на крюке.

Определяем предел выносливости на растяжение при пульсирующем цикле нагрузок:

$$\sigma_{0p} = 0,5 \cdot \sigma_B, \quad (2)$$

$$\sigma_{0p} = 0,5 \cdot \sigma_B = 0,5 \cdot 78 = 39 \text{ МПа}.$$

Предел прочности для стали 38ХГН $\sigma_B=78$ МПа .

Коэффициент запаса прочности:

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_p}, \quad (3)$$

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_p} = \frac{39}{6,94} = 5,62.$$

Удовлетворяет требованиям ($K=5,62>1,4$).

Рассмотрим сечение Б-Б. В сечении ствол вертлюга рассчитываем на прочность при растяжении.

Расчет ведем по формуле:

$$\sigma_p = \frac{Q_{кр}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_6^2 - D_3^2)} = \frac{250000}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,19^2 - 0,075^2)} = \frac{250000}{0,024} = 10,42 \text{ Мпа.}$$

Коэффициент запаса прочности:

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_p} = \frac{39}{10,42} = 3,74.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=3,74 > 1,4$).

Рассмотрим сечение В-В на рисунке 31. В этом сечении ствол вертлюга подвергается напряжениям изгиба и среза. Определяем напряжение изгиба по формуле:

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из}}{W}, \quad (4)$$

где $M_{из}$ — изгибающий момент;

W — осевой момент сопротивления сечения В-В.

$$M_{из} = \frac{Q_{кр} \cdot (D_5 - D_4)}{4}, \quad (5)$$

$$W = \frac{\pi \cdot D_4 \cdot h^2}{6}, \quad (6)$$

$$M_{\text{из}} = \frac{Q_{\text{кр}} \cdot (D_5 - D_4)}{4} = \frac{250000 \cdot (0,558 - 0,266)}{4} = 18250 \text{ Нм},$$

$$W = \frac{\pi \cdot D_4 \cdot h^2}{6} = \frac{3,14 \cdot 0,266 \cdot 0,087^2}{6} = 0,001 \text{ м}^3,$$

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}}}{W} = \frac{18250}{0,001} = 18,25 \text{ МПа},$$

Предел выносливости на изгиб при пульсирующем цикле нагрузок:

$$\sigma_{0 \text{ и}} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{В}} = 46,8 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса прочности на изгиб:

$$K = \frac{\sigma_{0 \text{ и}}}{\sigma_{\text{из}}} = \frac{46,8}{18,25} = 2,56.$$

Что является достаточным ($k=2,56 > 1,4$).

Определяем напряжение среза:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F}, \tag{7}$$

где F—площадь среза.

$$F = \pi \cdot D_4 \cdot h, \tag{8}$$

$$F = \pi \cdot D_4 \cdot h = 3,14 \cdot 0,266 \cdot 0,087 = 0,072 \text{ м}^2,$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F} = \frac{250000}{0,072} = 3,5 \text{ МПа.}$$

Предел выносливости на срез:

$$\tau_{0 \text{ ср}} = 0,7 \cdot \tau_{0 \text{ р}}, \quad (9)$$

$$\tau_{0 \text{ ср}} = 0,7 \cdot 36 = 27,3 \text{ МПа.}$$

Коэффициент запаса прочности на срез:

$$K = \frac{\tau_{0 \text{ ср}}}{\tau_{\text{ср}}} = \frac{27,3}{3,5} = 7,8.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=7,8>1,4$).

Рассмотрим сечение Г-Г на рисунке 31. В этом сечении ствол вертлюга подвергается напряжениям растяжения.

$$\sigma_p = \frac{Q_{\text{кр}}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_4^2 - D_3^2)} = \frac{250000}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,266^2 - 0,075^2)} = \frac{250000}{0,051} = 4,9 \text{ МПа.}$$

Коэффициент запаса прочности:

$$K = \frac{\sigma_{0 \text{ р}}}{\sigma_p} = \frac{39}{4,9} = 7,96.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=7,96>1,4$).

Рассмотрим сечение Д-Д на рисунке 31. В этом сечении ствол вертлюга подвергается напряжениям растяжения.

$$\sigma_p = \frac{Q_{кр}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - D_1^2)} = \frac{250000}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,198^2 - 0,168^2)} = \frac{250000}{0,0086} = 27 \text{ МПа.}$$

Коэффициент запаса прочности:

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_p} = \frac{39}{27} = 1,44.$$

Удовлетворяет требованиям ($\kappa=1,44>1,4$).

3.2.2 Расчет штропа вертлюга УВ-250

Максимальная нагрузка на крюке составляет $Q_{кр}=250$ кН, материал штропа – сталь 40ХН2МА, предел прочности которой $\sigma_B=108$ МПа.

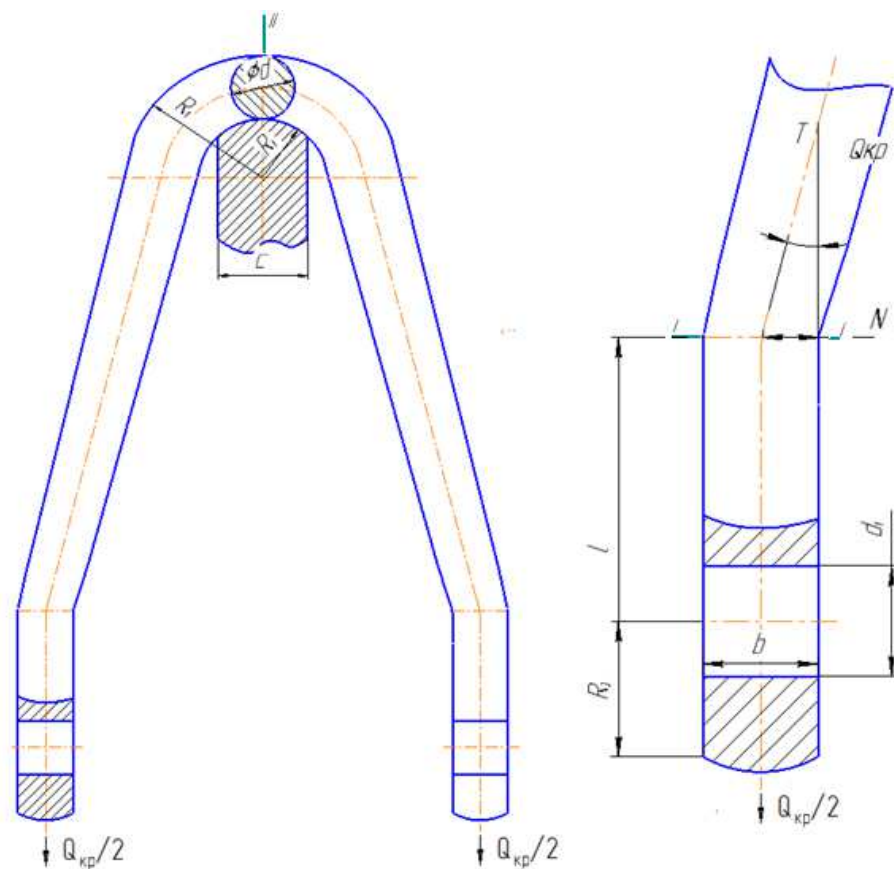


Рисунок 32 - Штроп вертлюга

Исходные данные для расчета:

$$R_1=252 \text{ мм};$$

$$R_2=120 \text{ мм};$$

$$C=184 \text{ мм};$$

$$R_3=136 \text{ мм};$$

$$d=132 \text{ мм};$$

$$d_1=110 \text{ мм};$$

$$b=115 \text{ мм};$$

$$l=287 \text{ мм};$$

Наиболее опасными являются сечения I-I и II-II, которые и будем рассчитывать на прочность.

Рассмотрим сечение I-I. В этом сечении штроп вертлюга подвергается напряжениям изгиба от силы N и растяжения от силы T .

Напряжение изгиба определяем по формуле

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}}}{W},$$

$$M_{\text{из}} = N \cdot l, \quad (10)$$

где l – плечо изгиба,

$$M_{\text{из}} = N \cdot l = 31166 \cdot 0,287 = 8944,6 \text{ Нм},$$

$$N = \frac{Q_{\text{кр}}}{2} \cdot \tan \alpha, \quad (11)$$

$$N = \frac{Q_{\text{кр}}}{2} \cdot \tan \alpha = \frac{250000}{2} \cdot \tan 14 = 31166 \text{ Н},$$

$$W = 0,1 \cdot d^3, \quad (12)$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 0,132^3 = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Найдем напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}}}{W} = \frac{8944,6}{2,3 \cdot 10^{-4}} = 28 \text{ МПа.}$$

Напряжение растяжения:

$$\sigma_p = \frac{T}{F}, \quad (13)$$

$$T = \frac{Q_{\text{кр}}}{2 \cdot \cos \alpha}, \quad (14)$$

$$T = \frac{Q_{\text{кр}}}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{250000}{2 \cdot 0,97} = 128865,98 \text{ Па,}$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (15)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,132^2}{4} = 0,014 \text{ м}^2,$$

$$\sigma_p = \frac{T}{F} = \frac{128865,98}{0,014} = 9,2 \text{ Мпа.}$$

Результирующее напряжение в этом сечении:

$$\sigma_{рез} = \sigma_p + \sigma_{из}, \quad (16)$$

$$\sigma_{рез} = \sigma_p + \sigma_{из} = 9,2 + 28 = 37,2 \text{ Мпа.}$$

Определяем предел усталости при растяжении и изгибе:

$$\sigma_{0и} = 0,6 \cdot \sigma_B = 0,6 \cdot 108 = 64,8 \text{ Мпа,}$$

$$\sigma_{0р} = 0,6 \cdot \sigma_B = 0,5 \cdot 108 = 54 \text{ Мпа.}$$

Так как предел усталости при растяжении $\sigma_{0р}$ меньше предела усталости при изгибе $\sigma_{0и}$, то для определения коэффициента запаса прочности K принимаем во внимание $\sigma_{0р}$.

$$K = \frac{\sigma_{0р}}{\sigma_{рез}} = \frac{54}{37,2} = 1,45.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=1,45>1,4$).

Рассмотрим сечение II-II. Это сечение рассчитываем, как кривой брус по формуле Ляме. Максимальное растягивающее напряжение на внутренней поверхности штропа равно:

$$\sigma_{1max} = q \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1^2 - R_2^2}, \quad (17)$$

$$\sigma_{1max} = q \cdot \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} = 10,3 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,252^2 + 0,120^2}{0,252^2 - 0,120^2} = 16,34 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

$$q = \frac{Q_{кр}}{c \cdot d}, \quad (18)$$

$$q = \frac{Q_{кр}}{c \cdot d} = \frac{250000}{0,184 \cdot 0,132} = 10,3 \text{ Мпа.}$$

Коэффициент запаса прочности равен:

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_{1max}} = \frac{54}{16,34} = 3,3.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=3,3>1,4$).

Максимальное растягивающее напряжение на наружной поверхности определяем по формуле:

$$\sigma_{2max} = \frac{2 \cdot q \cdot R_2^2}{R_1^2 - R_2^2}, \quad (19)$$

$$\sigma_{2max} = \frac{2 \cdot q \cdot R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} = \frac{2 \cdot 10,3 \cdot 10^6 \cdot 0,120^2}{0,252^2 - 0,120^2} = 6 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_{2max}} = \frac{54}{6} = 9.$$

Удовлетворяет требованиям ($k=9>1,4$).

Рассмотрим проушину штропа.

Рассчитываем проушину штропа также по формуле Ляме:

$$\sigma_{1max} = q \cdot \frac{R_3^2 + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{R_3^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}, \quad (20)$$

$$\sigma_{1\max} = q \cdot \frac{R_3^2 + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{R_3^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2} = 9,8 \cdot 10^6 \frac{0,136^2 + \left(\frac{0,11}{2}\right)^2}{0,136^2 - \left(\frac{0,11}{2}\right)^2} = 13,6 \text{ МПа},$$

$$q = \frac{Q_{\text{кр}}}{2 \cdot d_1 \cdot b}, \quad (21)$$

$$q = \frac{Q_{\text{кр}}}{2 \cdot d_1 \cdot b} = \frac{250000}{2 \cdot 0,11 \cdot 0,115} = 9,8 \text{ МПа},$$

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_{1\max}} = \frac{54}{13,6} = 3,97.$$

Удовлетворяет требованиям ($\kappa=3,97>1,4$).

Максимальное растягивающее напряжение на наружной поверхности определяем по формуле:

$$\sigma_{2\max} = 2 \cdot q \cdot \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{R_3^2 - \left(\frac{d_1}{2}\right)^2} = 2 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{\left(\frac{0,11}{2}\right)^2}{0,136^2 - \left(\frac{0,11}{2}\right)^2} = 3,8 \text{ МПа},$$

$$K = \frac{\sigma_{0p}}{\sigma_{2\max}} = \frac{54}{3,8} = 14,2.$$

Удовлетворяет требованиям ($\kappa=14,2>1,4$).

3.3 Выводы

В данной главе было показано поэтапное проектирование вертлюга новой конструкции. Для начала были разработаны втулки образующие лабиринтное уплотнение, далее корпус поворотного узла и дополнительные детали. Все конструктивные элементы выполнены в соответствии с ГОСТ.

Далее был проведен расчет элементов вертлюга на прочность, ведь этот показатель является главным в его работе. В ходе расчетов было доказано, что ствол и штроп удовлетворяют стандартам прочности.

Заключение

В ходе данной работы был рассмотрен вертлюг буровой установки. Его конструктивные особенности, принцип действия и предназначение. Была поставлена задача повышения его долговечности. После чего найден узел с пониженными долговечностными показателями, следовательно, принято решение о его замене на поворотное устройство, выполняющее те же функции, но имеющее большой срок службы. Для создания данного устройства важным элементом является втулка, обработанная на специальном станке с применением серпентинита, в совокупности они образуют лабиринтное уплотнение. Серпентинит образует на поверхности защитный слой, который не схватывается и имеет низкий коэффициент трения. Для модернизации использовался вертлюг УВ-250. Были проведены расчеты на прочность основных деталей вертлюга. В итоге мы получаем вертлюг с повышенной долговечностью, так как часто сменяемый узел был заменен на узел новой конструкции, имеющий высокую долговечность.

Список использованных источников

1. Каверзин С. В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу самоходных машин: Учеб. пособие. – Красноярск: ПИК «Офсет», 1997. – 384 с.
2. Макаров Г. В. Уплотнительные устройства. Изд. 2-е, переработ. и доп. Л., «Машиностроение» (Ленинградское отделение), 1973. 232 с.
3. Уплотнительные устройства горных машин и комплексов. Сорокин Б. И., Соколов А. Н. Изд-во «Недра», 1969, стр. 128.
4. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. -М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
5. Проников А.С. Параметрическая надежность машин: научное издание, - М.: Машиностроение, 2003. – 592 с. : ил.
6. Макушкин Д.О. Диагностика и восстановление нефтегазового оборудования: Учеб. пособие / Красноярск.: ИПЦ КГТУ, 2002. 142 с.
7. Буяновский И.А., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н. Граничная смазка: этапы развития трибологии: Монография.- М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002.- 230 с.
8. Протасов В.Н., Султанов Б.З., Кривенков С.В. Эксплуатация оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи. Под общ. ред. В.Н. Протасова: Учеб. для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 691 с.: ил.
9. Самохвалов М. А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования: учебное пособие/ М. А. Самохвалов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 312 с.
10. Н. С. Билаш. Инструкция по эксплуатации бурового оборудования и инструмента: Сборник/ Н.С. Билаш; ДП «ПНГГ» - г. Полтава, 2005. -443с.
11. Вертлюг: пат. 2425951 Рос. Федерация: Баканов Ю. И, Сычиков А. В., Кобелева Н. И., Гераськин В. Г.; заявитель и патентообладатель Общество

с ограниченной ответственностью "Газпром трансгаз-Кубань".-№ 2009137723/03; заявл. 2009-10-12; опубл. 10.08.2011, Бюл. №22.

12. Вертлюг: пат. 2011786 Рос. Федерация: Прищепа С. А.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа "Уральский завод тяжелого машиностроения". заявл. 1991-07-22; опубл. 30.04.1994.

13. Вертлюг: пат. 2116430 Рос. Федерация: Прохоров В. П.; заявитель и патентообладатель производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие». заявл. 1996-07-01; опубл. 27.07.1998.

14. Вертлюг: пат. 2204687 Рос. Федерация: Нежелский А. А., Голубенко В. Д., Рябоконь С. А.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "Бурение". заявл. 2001-04-02; опубл. 20.05.2003.

15. Метод. указания к выполнению практических работ / Т.В. Бобылёва. – Ухта: УГТУ, 2010. – 30 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Э.А. Петровский
подпись инициалы, фамилия

« 06 » июня 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических
объектов нефтегазового производства»


Разработка конструкции вертлюга повышенной долговечности

Руководитель

 05.06.2017
подпись, дата должность, ученая степень
К. Т. Н., доцент

А.К. Данилов
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В. И. Третьяков
инициалы, фамилия

Красноярск 2017